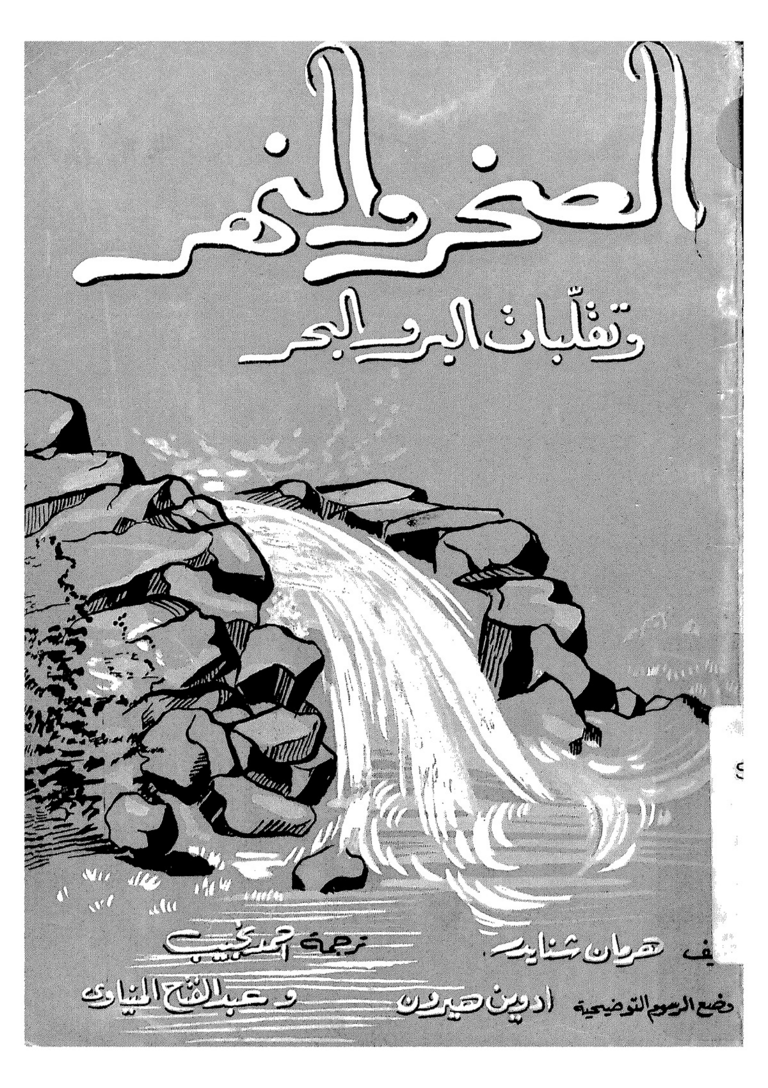


الصخر والنهر
وتقلبات البر والبحر
يف هرمان شنايدر
ترجمة أحمد نجيب
وعبدالفتاح المنياوي
ضع الرسوم التوضيحية ادوين هيردن

الصَّخْرُ وَالنَّهْرُ
وتقَلُّبَاتُ الْبَرِّ وَالْبَحْرِ

نشر بالاشتراك مع
مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر

الصخر والنهر
وتقلبات البر والبحر

تأليف

هيرمان شنايدر   نينا شنايدر

ترجمة

عبد الفتاح المنياوى وأحمد نجيب

مراجعة

محمد عاطف البرقوقى

ملتزم الطبع والنشر
دار المعارف بمصر



قائمة بمحتويات الكتاب

الجزء الأول

اليابس يتفتت

صفحة

صفحة

الجزء الثانى
البحر يمتلىء

المحيط :

صفحة

الجزء الثالث
تكوين اليابس

المحيطات فوق قمم الجبال :

مرتفعات الأرض ومنخفضاتها :

باطن الأرض :

الجزء الرابع

الإنسان والأرض

الجزء الأول

١ — « اليابس يتفتت »

٢ — « هدم اليابس »

٣ — « اليابس فى أبسط صوره »



حجر . . . وورقة شجر

للأرض قصة ، تقرؤها فى الحجر ، كما تقرؤها فى ورقة الشجر . . . وتقرؤها فى السحاب ، كما تقرؤها على صفحة الماء . . . فورقة الشجر كانت حجراً فى وقت مضى ، والسحاب كان بعض ماء البحر . . . والأرض تحكى قصتها ، وتعيد روايتها بين آونة وأخرى . . فورقة الشجر سوف تصبح حجراً ، وسوف يعود السحاب إلى البحر مرة ثانية . .

وتحدثنا قمم الجبال أنها كانت يوماً فى قاع البحر ، وهناك فى أعماق البحار حيوانات مرجانية ، تكوّن الآن أرضاً سوف ترتفع يوماً من الأيام ، فتعلو فوق سطح البحر . . . .

وتستطيع أن تقرأ قصة الأرض فى كل مكان . . فهذه القصة تحكيها الحصاة الصغيرة ، كما يحكيها الجبل الكبير . . يحكيها الماء العذب فى الغدير ، كما تحكيها أمواج المحيط بمائها الملح . . بل إنك أنت أيها القارئ تعتبر جزءاً من هذه القصة . . وكذلك البيت الذى تسكنه ، والطعام الذى تأكله . .

والأرض تحكى قصتها بأسلوب لا يصعب عليك أن تقرأه . . . وعندما تعلم كيف تقرؤه ستبدو لك الأرض فى صورة جديدة ، فتراها كما كانت فى الماضى البعيد ، وتراها فى وضعها الراهن ، كما تتخيلها بعد أمد طويل . .

أنهار تصب فى البحر

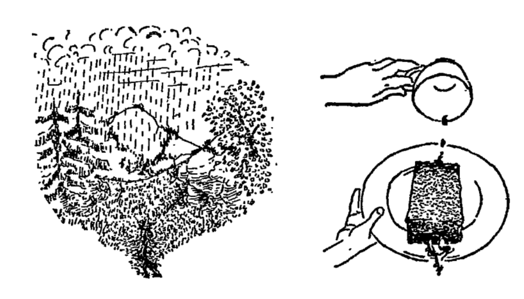
كل جزء من الأرض فى تغير دائم ، وليس جزء منها ثابتاً على حال . فكل جبل ، وكل نهير ، وكل مستنقع يتغير بين لحظة وأخرى . وبعض هذه التغيرات يجرى ببطء يقتضى ملايين من السنين ، على حين أن بعضها سريع . وفى النهيرات الجارية والأنهار تحدث التغيرات تحت بصرك . دعنا نلقى نظرة على نهر لنرى كيف يعتوره التغير .

إن كل نهر مصدره السحاب ، فتتساقط قطرات المطر من السحب المحملة بالمياه والتى تعلو الأرض إلى مدى بعيد . فإذا تساقط المطر على جوانب الجبل فأنت تستطيع أن تشهد منبع نهر جديد . وهناك من الأنهار أنواع كثيرة . . . فمنها الكبير والصغير ، والمستقيم والمنعطف ، والسريع والبطىء . ولكن مهما كان نوع النهر فإنه يبدأ بتساقط الأمطار .

. . .

من الأمطار إلى الأنهار :

إذا أردنا أن نرى كيف تصبح الأمطار أنهاراً ، كان علينا أن نتسلق جبلا ، وأن نرقب قطرات المطر وهى تتساقط فوق التربة التى تغطى سفح الجبل . وإنك لا تستطيع أن تفعل هذا فى هذه اللحظة ، ذلك لأنه يبعد أن تكون الآن فوق سفح أحد الجبال ، وأنت تقرأ هذا الكتاب فى فصل مطير ، ولكنك تستطيع أن تصطنع (عاصفة مطيرة فوق جبل) ، فترى ما يحدث عندما يسقط الماء فوق التربة .



اصنع لنفسك عاصفة مطيرة ، ثم ترقب ما يحدث عندما يسقط المطر فوق سفح الجبل .

تجربة : ستحتاج إلى فنجان من الماء محل المطر ، وقطعة من الإسفنج لتمثل تربة الجبل الهشة المملوءة بأوراق الأشجار التى عفى عليها الزمن .

وستحتاج أيضاً إلى طبق من أطباق الطعام . .

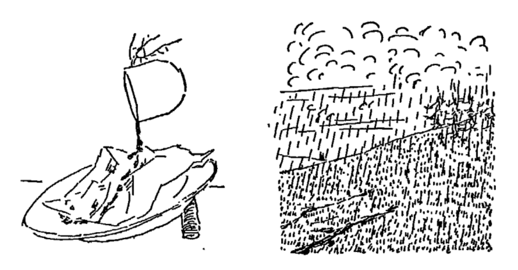
العمل : امسك الطبق فى وضع مائل فوق حوض المطبخ ، وضع الإسفنجة فى الطبق ، ثم اسكب الماء كله ببطء فوق الطرف العلوى لقطعة الإسفنج . سترى أن قطعة الإسفنج قد تشربت الماء حتى امتلأت به . فإذا تشبعت بالماء ، رأيته يتساقط من الطرف الأسفل كأنه مجرى صغير . وهذا هو ما يحدث على وجه التقريب عندما يسقط المطر على سفوح الجبال . ذلك أن التربة تتشرب الماء كما تتشربها قطعة الإسفنج ، حتى إذا ما تساقطت كمية كافية من الأمطار ، أصبحت التربة وكأنها إسفنجة مشبعة بالماء . وهنا ينساب الماء على سفح الجبل فى مجرى صغير .

النهر ينحدر على سفح الجبل :

ينساب الماء من التربة الهشة دائماً متجهاً إلى أسفل التل ، ويصعب أحياناً تمييز اتجاه الانحدار فى الأماكن التى تبدو فيها الأرض مسطحة ، ولكن الماء يكشف الانحدار مهما كان يسيرا ، ثم يجرى فى اتجاهه .

تجربة : ستحتاج إلى قطعة كبيرة من ورق الشمع وطبق كبير أو قصعة من صفيح .

العمل : ضع الطبق فى الحوض . اطو (كرمش) ورقة الشمع ثم ضعها فى الطبق . ضع شيئاً صغيراً تحت جانب من حافة الطبق بحيث يميل ميلا بسيطاً . اسكب قليلا من الماء فوق قمة ورقة الشمع (وهى تمثل التل أو الجبل) ، وانظر أين يذهب الماء . إنك تجد أن الماء ينحدر إلى أسفل مهما كان الانحدار بسيطاً .



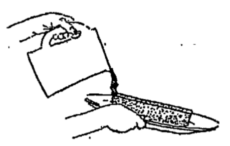
ينساب الماء على سطح الورق كما ينساب على سفح الجبل تماماً

وبنفس الطريقة ، يتخذ سيل الماء فوق الجبل طريقه إلى أسفل ، ثم ينضم إلى غيره من السيول . وتكون كل مجموعة من هذه السيول مجرى ينحدر على سفح الجبل ؛ وهذا المجرى ينضم إلى الجداول الأخرى التي تسيل من أماكن أخرى فى الجبل . ثم تتجمع هذه الجداول وتكون جداول أكبر . ولا تلبث مياه هذه الجداول كلها أن تتدفق مجتمعة فى مجرى كبير يسمى النهر .

النهر يستمر فى الجريان :

ولكن هناك أنهاراً كثيرة تستمر فى الجريان على الدوام ، حتى ولو لم تكن هناك أمطار . فمن أين تأتى مياه النهر فى الوقت الذى لا تسقط فيه أمطار ؟





إليك طريقة تعرف بها الإجابة عن هذا السؤال :

تجربة : ستحتاج إلى نفس الطبق ، وإلى قطعة الإسفنج ، كما تحتاج إلى إناء مملوء بالماء .

العمل : امسك بالطبق وقطعة الإسفنج فى وضع مائل فوق الحوض . صب ماء فوق قطعة الإسفنج بحيث يكفى لملئها ، دون أن يسيل منها إلا النزر اليسير ، أو لا يسيل منها شىء على الإطلاق .

والآن . صب عليها كمية كبيرة من الماء دفعة واحدة ، وشاهد ما يحدث . سوف تجد أن الماء الزائد يسيل من الطرف الأسفل لقطعة الاسفنج ، ولكنه سيخرج من نهايتها أبطأ مما دخل منها . فتشاهد مثلا أنه بينما استغرق صب الماء فوق قطعة الاسفنج لحظة واحدة ، استمر انسيابه من طرفها الآخر بضع دقائق .

ذلك أن قطعة الاسفنج تستطيع أن تتشرب سريعاً كمية كبيرة من الماء ، ثم تخرجه ببطء لمدى فترة أطول بكثير .



تتشرب التربة ماء المطر سريعاً ، ولكن هذه المياه تسيل من التربة فى بطء

وبنفس الطريقة تتمكن التربة الهشة التى على سفح الجبل من أن أن تتشرب الماء . فالماء ينهمر فى فصل المطر ، وفى الفصول المطيرة يسقط الماء وتتشربه التربة ، وكذلك تذوب الثلوج فى الربيع ، فتتشرب التربة الماء[١] . والتربة تشرب كل هذه المياه كأنها قطعة هائلة من الإسفنج . فإذا ما حل فصل الجفاف استمرت هذه المياه تسيل من التربة الهشة

(١) لا تشاهد هذه الظاهرة فى مصر ، ولكنها موجودة فى البلاد الباردة حيث توجد الثلوج فى قمم الجبال شتاء ، ثم تذوب فى الربيع ، وقد يسبب ذوبانها فيضان الأنهار .

وتنحدر على سفح الجبل ، وهذا هو السبب فى جريان الأنهار والنهيرات بصفة دائمة مستمرة حتى بعد امتناع نزول الأمطار .

ولا شك أن التربة لا تستطيع أن تتشرب من الماء كمية لا حدلها . وتتوقف كمية الماء التى تتشربها التربة على نوع هذه التربة وطبيعتها . فإذا كانت التربة عميقة هشة ، كانت دائماً مليئة بالماء الذى تشربته من الأمطار والثلوج الذائبة . ولكن إذا انقطع المطر فترة طويلة من الزمن ندر أن يتبقى فى التربة أية كمية من الماء لتنساب منها . وهذا هو سبب جفاف بعض النهيرات والأنهار إذا طال فصل الجفاف .

تغيرات مع الفصول :

فصول السنة بعضها جاف وبعضها مطير . وتختلف كمية الماء فى النهر مع كل تغير فى كمية المياه الناتجة من الأمطار والثلوج الذائبة فوق قمم الجبال .

ففى فصل الربيع تنهمر الأمطار ، وتذوب الثلوج فيتدفق منها ماء غزير على سفوح الجبال[١] . وبذلك تتدافع المياه فى تلك السيول والجداول منحدرة إلى أسفل وتقذف بمياهها فى النهر . وكل هذه المياه تجعل النهر يندفع قوياً عميقاً ، فتتآكل أجزاء من شاطئيه ، ويدفع أمامه الصخور الكبيرة كما لو كانت قطعاً صغيرة من الأحجار ، وكلما زادت الأمطار ، زادت كمية الماء فى مجرى النهر . ويحدث فى بعض الأحيان أن يحفر النهر الأرض حول الأشجار العالية فتتهاوى فى

(١) هذا فى البلاد التى تتساقط فيها الأمطار فى الربيع فيحصل الفيضان أو فى البلاد التى تعتمد أنهارها فى الفيضان على ذوبان الثلوج ...

مجراه ، ومن ثم يجرفها معه فتتخبط بين شاطئيه وتساعده فى حفر التربة وتعميق مجراه . ويفيض الماء على ضفتى النهر فى الأماكن المستوية الواطئة ، أما تلك المياه الزائدة التى يتزود بها النهر من الجبال فإنها تفيض على جانبيه ، فتغمر الحقول والطرقات .



كما تكسوها بطبقة من الرمل والطمى تستقر على تلك الحقول والطرقات بعيداً عن مجرى النهر . فإذا ما انخفض منسوب الفيضان حملت المياه معها الأزهار وأوراق الأشجار وغيرها من مخلفات التربة وجرفتها معها فى طريقها .

وهناك تغيرات تطرأ على النهر أيضاً فى فصل الجفاف ، فينخفض منسوب الماء فيه ، وتبطؤ سرعة تياره . وتقل المياه فى التربة الهشة من الجبل فينقص مقدار الماء الذى ينساب منها .

وتنحدر الجداول بطيئة متثاقلة على سفوح الجبال ؛ وتكف المياه عن حركتها العنيفة فلا تمزق شمل التربة . ويتخلف الماء فى بعض الأماكن مكوناً حفراً تمتلىء بالمياه الراكدة الموحلة . . وتصبح هذه الحفر ضحلة قليلة الغور ، فينمو النبات الأخضر فى هذه الأماكن الهادئة وتختبئ الضفادع فى أغوارها الموحلة . كما تبدو للعيان جذور الأشجار

على ضفتى النهر فى التربة الجافة . ويظهر الجفاف فى كل مكان .
وهكذا يتغير النهر بتغير الفصول .



تغيرات أخرى :

ويتغير النهر أيضاً من لحظة إلى أخرى . فنى أثناء جريانه يجرف أشياء كثيرة ويحملها معه ، ولهذا لا يظل النهر على حال واحدة دواماً .

وإذا أردت أن تدرك كل ما يصيب النهر من تغيرات ، كان عليك أن ترتدى ملابس غوّاص ، وتهبط فى الماء لترتاد قاع النهر وجوانبه أميالا عديدة . وهناك وسيلة تستطيع بها الوقوف على هذه التغيرات دون أن تحمّل نفسك هذا العناء .

تجربة : ستحتاج إلى قطعة من الورق المقوى تثنيها مثل الحرف (u) ، كما تحتاج إلى كمية من الرمل الخشن ، فيه قطع من الأحجار الصغيرة والحصى مثل الرمل الذى يستعمله البناءون ، وإلى إناء كبير من الماء وطبق كبير .

العمل : املأ قطعة الورق المقوى التى تشبه الحرف (u) بالرمل الخشن ، وضعها فى وضع مائل فوق الطبق الكبير ، ثم صب الماء قليلا قليلا فوق الرمل من الطرف العلوى .





يجرف تيار الماء فى طريقه أشياء كثيرة

وسوف ترى أن الماء يسيل إلى أسفل ببطء ، ويحمل معه إلى الطبق ذرات رفيعة من الرمل . أما قطع الحصى الكبيرة الحجم الثقيلة الوزن فإنها تتخلف . ثم اسكب بعد ذلك كمية كبيرة من الماء دفعة واحدة بحيث يتكون عندك تيار سريع من الماء . وسوف تجد أن الرمال والأحجار الصغيرة على السواء قد أزيحت من قطعة الورق المقوى واستقرت فى الطبق .

من هذه التجربة تستطيع أن تدرك أن الماء عندما يتحرك يحمل معه أشياء كثيرة . فإذا كانت حركته بطيئة حمل الأشياء الصغيرة الخفيفة مثل حبات الرمل . أما إذا كانت حركته سريعة ، استطاع أن يحمل أشياء ثقيلة الوزن كالحصى .

ما يحمله النهر معه :

يتغير النهر باستمرار ، لأنه يحمل معه أثناء جريانه أشياء كثيرة متنوعة ، فإذا كانت حركة الماء بطيئة حمل النهر معه قطعاً صغيرة خفيفة من الرمل والتربة وأوراق الأشجار والحشائش والحبوب . وتستطيع المياه سريعة الجريان أن تجرف معها أشياء أكبر وأثقل . وهذه هى مهمة النهر التى يقوم بها دائماً .

ولكن ماذا يصنع بكل هذه الأشياء ؟ أيكتفى بحملها معه ، أم أنها ترسب فى قاعه ؟

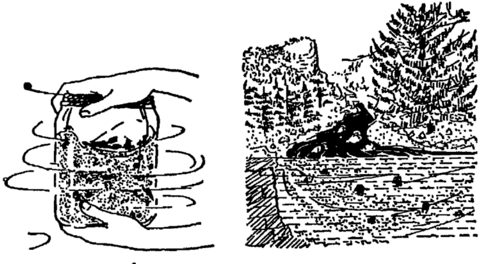
إليك طريقة تعرف بها الإجابة عن هذا السؤال :

تجربة : ستحتاج إلى قليل من التربة التى تحتوى على رمل وحصى ، كما تحتاج إلى إناء زجاجى له غطاء[1] ، وإلى كمية من الماء .

(احتفظ بهذه الأدوات بعد الانتهاء من هذه التجربة ، لأنك ستحتاج إليها فى تجارب أخرى فيما بعد) .

العمل : ضع التربة فى الإناء الزجاجى ، وأضف ماء يكاد يملأ الإناء ، وأحكم الغطاء فوق الإناء . رج الإناء بقوة بحيث يتحرك الماء حركة سريعة . ماذا ترى ؟

سترى أن التربة تدور مع الماء عندما يتحرك بسرعة ، فلا يستقر فى قاع الإناء شىء منها .



وكلما زادت سرعة التيار ، زاد مقدار ما يجرفه أمامه من مواد

---

(١) مثل بطرمان المربة .

فوق الجبال شديدة الانحدار :

تتذفق المياه بسرعة عظيمة على سفوح الجبال الشديدة الانحدار ، فلا يستقر شيء فى هذا الجزء من مجرى النهر ، كما شاهدت فى تجربة الإناء السابقة . ولا يتخلف فيه شيء من الرمل أو التربة لأن المياه السريعة تجرف أمامها ما تصادفه من مواد وأجسام . حتى الصخور الثقيلة تدحرجها من الجبل إلى قاع النهر . وتندفع المياه فى المجرى سريعة صاخبة بين الصخور الكبيرة . وتحتك الأحجار الصغيرة والحصى الذى فى الماء



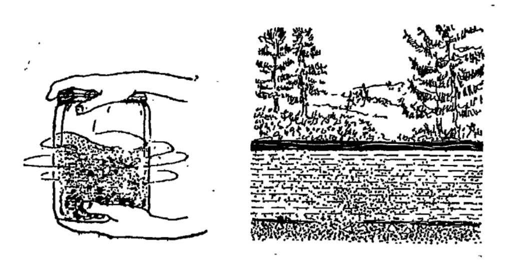
بقاع النهر ، فيزيد عمقه على الدوام . وتتكون مساقط مائية جميلة ، وشلالات فى الأماكن التى يتدفق الماء فيها من فوق تلك الصخور الضخمة . وعندما تصطدم المياه بقاع النهر — مع ما تحمله من الصخور والأحجار — تحفر أحواضاً عميقة وتجرف ما فيها من الرمال ، وهذه الأماكن تصلح للسباحة وصيد السمك .

وحول هذه المساقط يتناثر الماء ، وينتشر الرذاذ فيجعل الهواء رطباً ندياً . ولعل هذا الجزء من النهر هو أكثر أجزائه سحراً وجمالا .

فى الأماكن قليلة الانحدار :

عندما يجرى النهر فى أرض قليلة الانحدار ، تقل سرعته . ولكى تدرك ما يحدث ، أجر هذه التجربة :

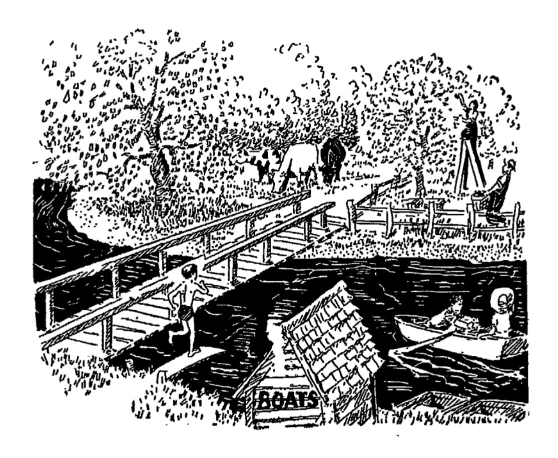
تجربة : رج الإناء بسرعة كما فعلت فى المرة السابقة . ثم هدِّئْ من هذه السرعة قليلا ، وراقب ما يحدث . فإذا انتهيت من مشاهدتك هذه ، فضع الإناء ودع الماء يكف عن الحركة تماماً إلى أن يحين موعد التجربة التالية .



وكلما هدأت سرعة جريان النهر ، نقص مقدار ما يحمله معه من تلك المواد

عندما تقل سرعة الماء ترى أن الأجسام الثقيلة كالأحجار الصغيرة والحصى قد استقرت فى قاع الإناء . بينما يظل الرمل والتربة الناعمة عالقة فى الماء .

وعندما تهدأ سرعة جريان النهر تهدأ — تبعاً لذلك — سرعة ما يحمله من حصى وحجارة . وترسب الأحجار الثقيلة فى قاع النهر . ولا يستطيع النهر فى هذه الحالة أن يجرف أمامه الصخور الضخمة ، فمن ثم تتوقف عن الاندفاع والحركة . فإذا ما استقرت هذه الأشياء الثقيلة فى قاع النهر ، ارتفع قاعه تدريجياً ، فانساب فيه الماء هادئاً رقراقاً ، وأصبح النهر ضحلا شيئاً فشيئاً ، واتسع مجراه ، وانتشرت الحقول والمزارع حول هذا الجزء من النهر ، لأن الماء يتسرب خلال ضفتى النهر ، ويرطب الأراضى المجاورة .



خلال الفجوات :

يصل النهر أحياناً إلى فجوة مستديرة ، فتجرى المياه فيها وتملؤها ، وهكذا تتكون بحيرة . وقد لا يخطر ببالك أن البحيرة الهادئة إنما هى جزء من النهر الذى يأخذ طريقه صوب البحر .

ولكن أغلب البحيرات هى فجوات عميقة متسعة من هذا النوع ، يغذيها نهر من أحد طرفيها ، وينساب الماء من طرفها الآخر .

وقد علمت من تجاربك أن الماء يرسب معظم ما يحمله من تربة ورمال عندما يتحرك حركة بطيئة . وفى البحيرة تكون حركة الماء بطيئة



غاية البطء ، ولهذا يكون قاعها مغطى بالرمال أو الطمى الذى يحمله إليها النهر من المرتفعات .

وعلى مر الزمن يمتلىء قاع البحيرة بهذه الذرات والرواسب الدقيقة . ومن ثم تصبح البحيرة ضحلة شيئاً فشيئاً بالتدريج كلما طال عليها الأمد .



وعندما تخرج المياه من البحيرة تكون نهراً مرة أخرى ، فإذا كانت الأرض شديدة الانحدار اندفع النهر فى طريقه صوب البحر حاملا معه أشياء كثيرة .

أما إذا كانت الأرض أكثر استواء ، وأقل انحدارا ، سار النهر هادئاً بطيئاً . وقد يلتقى فى طريقه بأنهار أخرى ، فيكوّن نهراً كبيراً ذا روافد عديدة ، مثل نهر المسيسبى ، أو نهر الأمازون الذى يبلغ طول مجراه آلاف الأميال .

ولكل نهر نهاية سواء أكان هذا النهر كبيراً أم صغيراً ، سريعاً أم بطيئاً . أما الطريقة التى تنتهى بها هذه الأنهار فواحدة لا تتغير ، ذلك أنها جميعاً تنتهى فى المحيط أو البحر .

في الأرض المستوية :

وإذا نظرت الآن إلى الإناء مرة ثانية ، فسوف تجد أن الماء كلما أبطأ فى حركته زادت كمية الرواسب فى قاعه . وكلما هدأت حركة الماء ، زادت كمية الأجسام التى ترسب فى قاعه . . .

وبالطريقة نفسها ، عندما يجرى النهر خلال أرض مستوية ، ينساب



ببطء وهدوء . ويرسب كثير من المواد الخفيفة التى كان يحملها ، ولذلك نجد قاع النهر فى هذا المكان رملياً أو طينياً ؛ وتصبح المياه أكثر صفاء . وحيث تترسب هذه المواد الدقيقة بصفة دائمة مستمرة يمتلىء قاع النهر رويدا رويداً ببطء شديد ، ويقل عمق النهر ، وهنا أيضاً يجرى النهر ببطء ، كما يفقد القدرة على شق القنوات العميقة . بل إنه يتجنب ما يصادفه من مرتفعات ، ويسلك المنحدرات التى يجدها فى طريقه . وعلى ضفتى هذا النهر الشارد ينمو الزنبق والنباتات البرية . وتحدها من أسفل أشجار الحور والصفصاف .

وتنال الحقول قسطاً وافراً من الرى والخضرة البهيجة ، وتنعم الأرض بظلال وارفة من الهدوء والسكينة .

نهاية المطاف ــ مصب النهر :

رأيت أن المياه بطيئة الحركة ترسب ما كانت تحمله من الطين والرمال ، ويحدث هذا عندما يستوى مجرى النهر بعد انحدار ، كما يحدث أيضاً عندما يصادف النهر بحيرة يمر بها فى طريقه ، كما يحدث مرة أخرى عندما يصل النهر إلى أوسع مكان يقابله . . . ألا وهو المحيط أو البحر .

وفى هذا المكان الأخير ، حيث يتقابل النهر بالمحيط ، يستقر فى قاعه معظم ما يتبقى فيه من مواد وأجسام . وهكذا ترى أن هذه التربة وتلك الرمال التى يجلبها النهر معه من المرتفعات والجبال سنة بعد أخرى تترسب عند مصب النهر ، وتستقر هناك . ومن ثم يرتفع قاع النهر عند هذا المصب ، ويصبح النهر ضحلا قليل الغور .

ويهتم الناس الذين يعيشون ويعملون حول مصب النهر ، بتلك الظاهرة التى تتمثل فى ارتفاع قاع النهر عند المصب . ذلك أن مصب النهر قد يصلح ميناء هاماً تأوى إليه السفن الكبيرة ، وهى تحمل الناس والبضائع ، وبذلك يصبح مصدر حركة دائبة . ولما كان من الضرورى أن يظل الميناء عميقاً بعيد الغور ، وجب أن يطهّر قاع النهر مما يترسب فيه من تربة ورمال بين آونة وأخرى .

وتقوم بهذه العمليات « كراكات » مجهزة بآلات ، تجرف ما تصادفه فى قاع النهر ، ثم تحمل هذه المواد المستخرجة من باطن النهر فى صنادل ويلقى بها بعيداً فى جوف المحيط .

على أن امتلاء مصب النهر لا يخلو من فائدة . ذلك لأن ما يحمله

النهر من رمال وتربة يتجمع قليلا قليلا ، حتى يخلق أرضاً جديدة عند المصب تسمى الدلتا . وتستمر هذه الدلتا فى النمو والاتساع كلما جلب النهر من منابعه العليا كميات جديدة من تلك الرواسب. ومعنى هذا خلق تربة صالحة للزراعة كانت فيما مضى قاعاً للنهر .

وهذا ما حدث عند مصب نهر المسيسى منذ آلاف السنين[١] . فلقد استطاع النهر أن يخلق آلاف الأفدنة من التربة الصالحة للزراعة ، كانت فى وقت من الأوقات قاعاً للنهر . وما زالت دلتاه مستمرة فى النمو . فلو أن بيتاً بنيناه على شاطىء دلتا النهر ، لأصبح بعد عدد من السنين بعيد عن الماء مسافة قد تطول أو تقصر . . ومن ثم يصعب أن نرسم خريطة دقيقة لدلتا نهر من الأنهار ، ذلك لأن الأرض فى نمو مستمر . وهذا التغير والنموسببه انسياب النهر فى أهدأ جزء من رحلته .



مدينة شادها الإنسان ، على دال كونها النهر

(١) ولعلك تدرك أيها القارئ أن دلتا النيل قد تكونت بهذه الطريقة .

انتقال التربة

عندما يكوِّن النهر دلتا ، يستعير لهذا العمل مواد مختلفة . فتربة الدلتا تأتى من التلال والحقول التى يخترقها النهر ، إذ تجرفها مياه الأمطار ، وتلقى فى مجراه ، فيحملها النهر حيث تترسب عند المصب .

وعملية نقل التربة بالماء تسمى « التحات » . ويحدث التحات دائماً ، عندما يجرى الماء فوق الأرض ، ويحمل كل نهر فى العالم التربة التى تجرفها إليه مياه الأمطار . ويتوقف مقدار ما يحمله النهر من هذه المواد على كمية مياه الأمطار وعلى حالة التربة نفسها .

التحاتُّ البطىء :

عندما تسقط الأمطار على تربة تغطيها النباتات الكثيفة ، تكون عملية التحات بطيئة غير عنيفة .

ذلك لأن النبات يتحمل شدة اصطدام مياه الأمطار الساقطة ، وبذلك

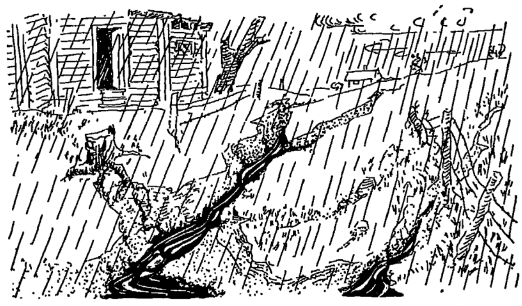


تساعد النباتات على تماسك التربة وصلابتها

لاتؤثر فى التربة إلا تأثيراً هيناً لطيفاً . وتتشرب جذور النباتات المياه، كما تثبت التربة فى مكانها فتحفظها من الإزاحة . وهكذا تكون عملية التحات بطيئة فى الأرض التى تغطيها النباتات، وبذلك تنتقل التربة إلى النهر انتقالا بطيئاً ، ويصبح الماء صافياً رائقاً .

التحات السريع :

أما فى الأماكن التى قطعت فيها الغابات، وكذا فى الحقول العارية من النبات ، فليس هناك ما يحميها من وطأة الأمطار التى تتساقط عليها . فعندما يسقط المطر على هذه الأرض العارية ، تجرف المياه كمية كبيرة من التربة ، وتلقى بها فى النهيرات والأنهار ، فتحملها هذه بدورها إلى البحر . وفى مثل هذه الأماكن التى تنعدم فيها حماية التربة ، تكون عملية التحات قوية سريعة . . ويعتبر هذا التحات السريع خسارة للجميع .



أما التربة العارية من النبات ، فإنه يسهل على ماء المطر أن يجرفها

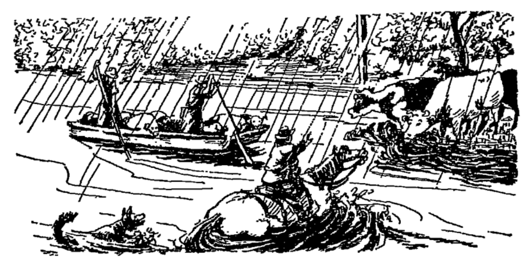
كيف يؤثر فينا التحات :

يعتبر التحات خسارة للفلاح لأنه يجرف الطبقة العلوية من التربة ، وهى أفضل أجزاء التربة صلاحية لنمو المحصولات ؛ أما ما يلى هذه الطبقة فتربة فقيرة تعطى محصولات أقل ونباتات أصغر .... لا تحمل من الثمار إلا مقداراً ضئيلا ، ولا تمدنا لغذائنا إلا بكميات ضئيلة من الخضر والفاكهة .



تنمو أجود المحاصيل فى الطبقة السطحية للتربة أما التربة الفقيرة فلا تنمو فيها إلا محصولات فقيرة

والتحاتُ خطر يهدد الناس الذين يعيشون فى الحقول والمدن القريبة من النهر . ذلك أنه عندما يمتلىء قاع النهر بالرمال والطين ، لا يجد فى مجرى قاعه مكاناً متسعاً يجرى فيه الماء . فعندما تسقط أمطار غزيرة أو تذوب ثلوج كثيرة ، ربما فاض النهر على ضفتيه ، فأغرق المزارع والمدن المجاورة . وأصبح الناس بلا مأوى ، وقد تتلوث مياه الشرب بماء المجارى والطين الذى يوجد فى خزانات المياه والآبار . وهنا تنتشر الأمراض نتيجة لتزاحم الناس ، كما تنتشر بسبب تلوث مياه الشرب ، وما يتعرض له الناس من برد وجو رطب .



عندما يمتلىء قاع النهر بالرمل والطين ، يفيض على شاطئيه

ولكى يحمى الناس أنفسهم من غوائل الفيضان يشيدون جسوراً عالية من الأسمنت المسلح أو من أكياس الرمال المتراصة[١] . وكلما استمرت عملية التحات السريع ، زاد مقدار التربة الملقاة فى النهر . ومن ثم يبقى خطر الفيضان قائماً .

والتحاتُ خسارة لنا جميعاً ، خسارة لا يشعر بها الفلاح وحده ، ولكن يشعر بها كل من يسكن المدن . فعندما تجرف طبقة التربة



(١) ولكن الأمطار الغزيرة تجلب معها مزيدا من الطين والتربه ، كما تسبب مزيداً من الفيضانات .

السطحية فى النهر ، ويحملها النهر إلى البحر ، فكأنها ضاعت هباء .

وتتبقى أرض زراعية أقل جودة لإطعامنا ، ولإمدادنا بالقطن وغيره من المحصولات الأخرى المفيدة . ونقص المساحة المنزرعة ، يستتبعه زيادة فى ثمن ما تنتجه الأرض .

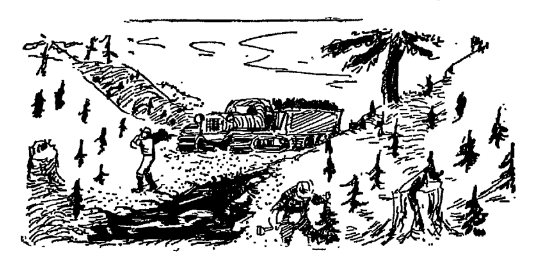
ماذا نستطيع أن نفعل حيال هذه الظاهرة (التحات) ؟ :

كيف يمكن وقف عملية التحات ؟

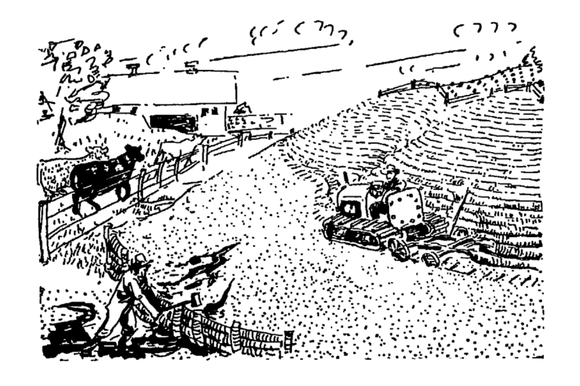
ليس هذا أمراً يسيراً نستطيع البت فيه بطريقة حاسمة سريعة . فهذه مشكلة يتطلب حلها وقتاً طويلا ، كما تحتاج إلى جهد كل من المزارع والحطّاب ، كما تحتاج إلى جهد كل من يعمل فى الأرض أو له صلة بها .

وهؤلاء يساعدوننا فى المحافظة على التربة بطريقتين رئيسيتين : هما حماية التربة ، والتحكم فى عملية فيضان المياه .

وحماية التربة تتطلب تغطيتها دائماً . فحيث اجتثت الغابات ، وحيث تركت الأرض عارية ، تُغطّى التربة بزروع وأشجار صغيرة أو نباتات أخرى خضراء مهمتها أن تحفظ تماسك التربة وتتشرب المياه .



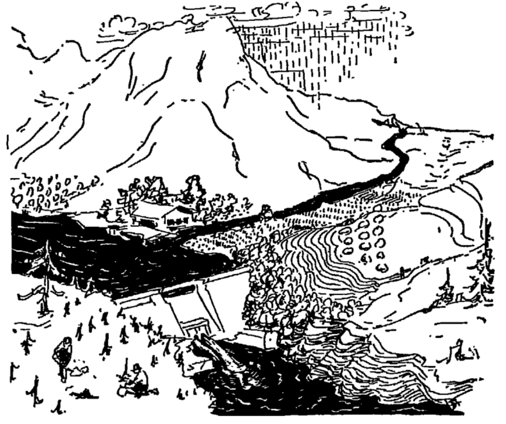
وعلينا أيضاً أن نحول دون فيض مياه الأمطار بسرعة من فوق الجبال والأراضى المنحدرة . إن الماء السريع الجريان يزيل كمية كبيرة من التربة والرمال ، ولكن الماء يمكن أن نبطىء فى سرعته بطرق عدة .



فالأرض المنحدرة يمكن أن تحرث بحيث تجرى خطوط المحراث فى نفس مستوى التل لا فى اتجاه انحداره ، ويساعد رجال وزارة الزراعة الفلاحين فى وضع خطة لحرث الأرض بحيث تبقى المياه فى تلك الأخاديد المستوية (خطوط المحراث) ، فتتشرب الأرض المياه ، بدلا من أن تجرى مندفعة إلى أسفل التل فتجرف التربة أمامها .

كيف تساعدنا السدود :

وهناك طريقة أخرى تحول دون نقل المياه للتربة معها ، وذلك عن طريق بناء سدود تقف تدفق مياه الأنهار سريعة الجريان . وهذه السدود تمنع المياه من التدفق العنيف خلال المنحدرات كلما هبت عاصفة مطيرة ، وبذلك تحجز تلك المياه ، فنتحكم فى تصرف الفيضان حسب الحاجة طوال العام . وهذه السدود لا تعمل على حماية الريف من الفيضان ومن التحات على طول ضفتى النهر فحسب ، بل إنها تمد الفلاحين بالماء فى وقت التحاريق (فى فصل الجفاف) .



يساعد إنشاء السد على إيقاف تدفق المياه لأنه يحجزها خلفه ، كما يساعد فى منع عملية التحات

وفى بعض البلاد تستخدم مساقط مياه السدود فى توليد الكهرباء. إذ تستخدم قوى المياه المنحدرة فى توليد قوة كهربائية نافعة ، بدلا من تسببها فى الفيضانات المدمرة .

وللسدود منافع أخرى إلى جانب تحكمها فى الفيضانات . ففى كثير من الأماكن يكوّن النهر وراء السد بحيرة يمكن أن تستخدم للسباحة والتجديف وصيد السمك . وكثيراً ما تستخدم المياه فى هذه البحيرات فى إدارة المولدات الكهربائية التى تنتج الكهرباء للمناطق التى تجاورها .

وبهذه الطريقة يمكن التحكم فى تصرف المياه السريعة الجريان ، والإفادة منها تدريجياً حسب الحاجة ، بدلا من الفيضانات المدمرة التى تحدثها .

والتحكم فى جريان الماء السريع ، وحفظ الأرض مغطاة بالأشجار الخضراء النامية ، يقفان نقل التربة السريع . وبهذا يمكن أن تجرى الأنهار والنهيرات فى أمان وسلام فى طريقها إلى البحر ، محققة الخير والنفع لسكان البلاد .



المياه الجوفية تأخذ طريقها إلى البحر

يسقط المطر دائماً هنا أو هناك فوق سطح الأرض . فى هذه اللحظة مثلا تهب العواصف المطيرة على سطح الأرض ، فتسكب عليه ملايين من الأمتار المكعبة من الماء . وتصب السحب فى كل ثانية ، ما يقرب من ستة عشر مليون جالون من مياه الأمطار النقية . وبعض هذه المياه يجرى سريعاً ويشق طريقه خلال سفوح الجبال إلى النهيرات والأنهار فى طريقه إلى البحر . ولكن سطح الأرض ليس كله منحدراً فى كل بقاع العالم على شكل جبال . فالمطر يسقط أيضاً فوق الأراضى المنخفضة والأراضى المستوية على السواء . ومن ثم يتسرب بعض مياه الأمطار فى التربة الناعمة ، فتتشربه الرمال .

فماذا يحدث لهذه المياه ؟ وأين تذهب ؟

المياه تحت الأرض :

تقطع مياه الأمطار التى تتسرب داخل الأرض ، رحلة طويلة غريبة فى دروب مظلمة غامضة فى بطن الأرض ، قبل أن تصل إلى

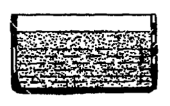
البحر . فهذه المياه تغور فى الأرض ، وتصبح جزءاً من مجموعة المياه الجوفية الضخمة . ولهذه المجموعة مسالك تجرى فيها . وهذه المسالك تقع تحت القشرة التى تغطى سطح الأرض .

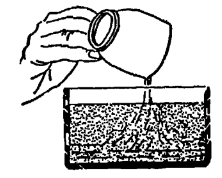
ولكى تكتشف هذه الطبقة المتحركة المتغيرة من المياه الجوفية ، تحتاج إلى كل أنواع آلات الحفر ، بل ربما احتجت إلى ملابس غوّاص أيضاً . ولعل أيسر من ذلك كله ، إجراء بعض التجارب التوضيحية . ابدأ بهذه التجربة ، وأرجئ بقية البحث إلى أن تقف عليه فى فرصة أخرى فى هذا الباب .

تجربة : تحتاج إلى وعاء زجاجى كبير ، أو حوض من أحواض تربية الأسماك ، وتحتاج أيضاً إلى كمية كافية من الرمل تملأ بها الوعاء ، وإناء مملوء بالماء .

العمل : املأ الوعاء بالرمل ، واسكب فوقه الماء ببطء .

انظر إلى الوعاء من أحد جوانبه ، وشاهد الماء وهو يهبط إلى قاع الإناء . اسكب الماء باستمرار حتى يصبح ارتفاع مستوى الماء فى الإناء نحو بوصتين تحت السطح العلوى للرمل .





دعنا نبحث ما حدث حتى الآن . لقد وجدنا أن الماء تسرب بسهولة

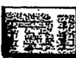
خلال الرمل إلى أسفل الإناء . ثم توقف تسرب الماء حينما وصل إلى زجاج القاع .

إننا نقول إن الرمل جسم مسامى ، ومعنى ذلك أن هناك مسافات أو مسامّ بين حبات الرمل . وتأخذ المياه طريقها خلال هذه المسام فتتسرب إلى قاع الإناء . والماء لم يتسرب خلال الزجاج لأن الزجاج جسم غير مسامى .

منسوب المياه الجوفية :

تتسرب مياه الأمطار المتساقطة على الأرض خلال التربة ، بل إنها قد تتسرب خلال بعض الصخور المسامية ، ويستمر تسرب المياه حتى تصل إلى صخور غير مسامية ، كما حدث فى حالة الزجاج فى قاع الوعاء . وهنا يكف الماء عن الهبوط . واستمرار تسرب مياه الأمطار خلال الطبقات المسامية يزيد فى مقدار المياه المتجمعة فعلا على الصخور المسامية ، فيرتفع مستوى المياه الجوفية ، تماماً كما حدث فى وعاء الرمل . ومستوى الماء تحت الأرض يسمى منسوب المياه الجوفية .

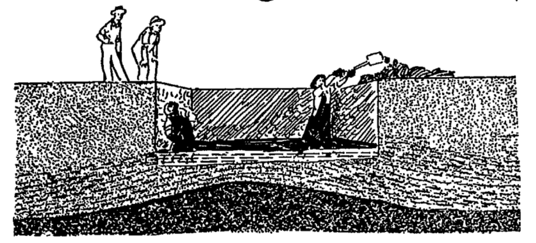




أين يوجد منسوب المياه ؟ :

توجد المياه الجوفية فى كل أنحاء العالم تقريباً . فإذا حفرت الأرض ووصلت إلى عمق مناسب ، فإنك واصل إن عاجلا وإن آجلا إلى منسوب المياه الجوفية . وهذا المنسوب قريب جداً من سطح الأرض فى بعض الأماكن . وفى أماكن أخرى يتطلب الأمر أن تحفر مئات الأقدام خلال التربة والصخور المسامية حتى تصل إليه . وفى حالات أخرى، ينبغى أن تخترق التربة وطبقة الصخور غير المسامية حتى تصل إلى هذا المنسوب. ويتعذر — حتى على البنائين — التأكد من منسوب المياه الجوفية . ويحدث فى بعض الأحيان ، بعد حفر أساس بيت جديد ، وإنشاء دور تحت الأرض، أن يصل الحفارون فجأة إلى منسوب المياه الجوفية ، رغم جفاف أرض المنازل التى تقع مع هذا المنزل فى شارع واحد ، وعلى مثل هذا العمق .

وحينما يرتفع منسوب المياه ارتفاعاً مفاجئاً ، ينقلب هذا القبو إلى بركة من الماء الآسن . وينبغى أن يرفع ماؤها بالطلمبات حتى تجف ، ثم يغطى قاعها وجوانبها بمواد عازلة تمنع تسرب الماء .



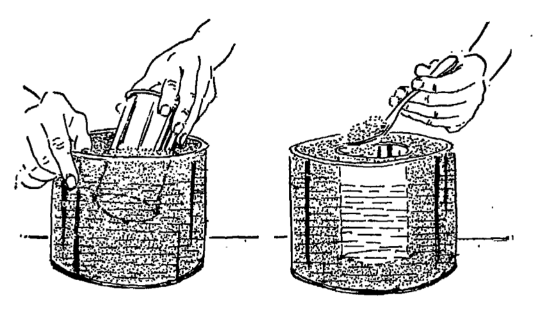
استخدام مستوى المياه الجوفية :

استطاع الناس فى جميع أنحاء العالم أن يهتدوا إلى وسائل يستفيدون بها من منسوب المياه الجوفية فى إمدادهم بفيض دائم من الماء . وتستطيع أن تدرك هذه الوسائل بالاستمرار فى تجربة الوعاء والرمل والماء .

تجربة : تحتاج الآن أيضاً إلى ملعقة وعلبة أسطوانية مستديرة بعد أن تزيل قاعها وغطاءها .

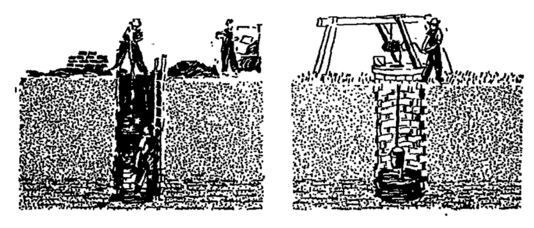
العمل : أمسك العلبة فى وضع رأسى ، ثم ادفعها إلى أسفل خلال الرمل كما لو كنت تحدث فيه ثقباً ، حتى تصل قمة العلبة إلى مستوى سطح الرمل العلوى . ثم استعمل الملعقة لإخراج الرمل الذى تسرب داخل العلبة . ستجد أنك كلما أخرجت الرمل حل محله بعض الماء ، وعندما يتم إخراج الرمل كله ، تمتلىء العلبة بالماء حتى يصل إلى منسوب الماء الموجود فى الوعاء .

إن ما قمت بعمله للآن ؛ إن هو إلا نموذج مصغر لبئر تحفرها فى باطن الأرض .



البئر :

فى جميع أنحاء العالم يستخرج الناس المياه الجوفية من ملايين الآبار التى تعمل بنفس الطريقة . ويبدأ العمل بحفر حفرة فى الأرض عمقها عدة أقدام حتى يصلوا بها إلى ما تحت منسوب المياه الجوفية . ثم تغطى جوانب الحفرة بالأحجار أو بأنبوبة من الأسمنت لتمنع التربة والصخور



يتكون البئر إذا حفرت حفرة تصل إلى منسوب المياه الجوفية

الهشة من السقوط فيها وملئها من جديد . ويرتفع الماء فى داخلها إلى نفس منسوب المياه المحيطة بالبئر من الخارج ، تماماً كما حدث فى داخل العلبة الصفيح فى التجربة التى أجريتها . ويمكن أن يستخرج الماء بالدلاء أو بالمضخات التى تعمل باليد أو بالآلات . وهكذا يحصل الناس على مياه باردة نقية من باطن الأرض حينما يكونون فى حاجة إليها . وتستمر البئر فى إمداد الناس بالماء ما دام منسوب المياه الجوفية أعلى من قاع البئر . فإذا جفت البئر كان سبب ذلك هبوط المياه الجوفية وانخفاضها عن قاع البئر . وقد يحدث هذا فى فصل جاف ، حين لا تسقط مياه

كافية تتسرب إلى منسوب المياه الجوفية . أو حين ينخفض منسوب المياه الجوفية بسبب كثرة استهلاك الماء .

ويمكن فى بعض الأحيان أن تبدأ البئر عملها من جديد ، عندما يعمق الحفر حتى يصل إلى منسوب آخر للمياه الجوفية أكثر انخفاضاً من سابقه .

منسوب المياه الجوفية العالى :

وحتى إذا لم تر بئراً محفورة ، تستطيع أن تدرك أن منسوب المياه الجوفية ليس بعيد الغور عن سطح الأرض . فحيث ينطلق منسوب المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض ، تجد أرضاً طيبة سهلة الرى ، غنية بالمروج الخضر والحدائق الغناء . وإذا نظرت إلى الحقول الخضراء الندية عرفت أن المياه الجوفية تبلل جذور النباتات .



يمد منسوب المياه الجوفية العالى النبات بكمية وافرة من الماء

ويقترب منسوب المياه الجوفية من سطح الأرض فى بقاع كثيرة من العالم . ماذا يحدث فى هذه الحالة ؟

تجربة :

العمل : اجرف بملعقتك حفرة على شكل « السلطانية » حتى تصل إلى منسوب المياه فى الوعاء الزجاجى . سترى أن الماء يتسرب إلى الداخل بقدر يكفى لبلل الرمل .

إن ما عملته الآن إن هو إلا نموذج مصغر لمستنقع .



المستنقع :

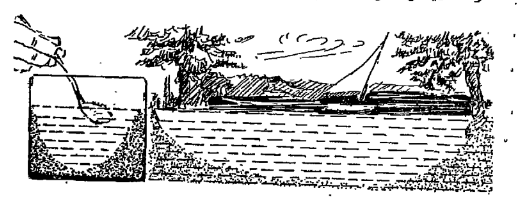
عندما يرتفع منسوب المياه الجوفية ارتفاعاً كبيراً ، يتسرب الماء إلى سطح الأرض ويبلله بنفس الطريقة . ويسمى مثل هذا المكان (مستنقعاً) . وبطبيعة الحال يوجد فى المستنقع الحقيقى شىء آخر غير الرمال . فهناك تنمو كل أنواع النباتات المحبة للماء ، وغالباً ما تكون التربة إسفنجية قذرة بسبب أوراق الأشجار المتعفنة التى تتساقط من تلك النباتات . ولا تصلح مثل هذه الأرض للزراعة . ولكن الغابات والأحراج كثيراً ما تحيط

بالمستنقع فتجد فيها أنواع كثيرة من الحيوانات المتوحشة ملجأ وملاذاً .
ويحدث أحياناً أن يرتفع منسوب المياه الجوفية فتهبط الأراضى التى تجاوره.

هل تستطيع أن تتصور ما يحدث حيث يعلو منسوب المياه عن سطح الأرض ؟ تستطيع أن تصل إلى الجواب عن هذا السؤال بتجربة أخرى .

تجربة :

خطوات العمل : احفر مرة أخرى فى نموذج المستنقع الصغير الذى عملته فى التجربة السابقة . اجرف الرمل حتى يصبح قاع الحفرة تحت منسوب الماء بمقدار بوصتين أو ثلاث . ستجد أن الماء يتسرب إلى داخل الحفرة ، ويكون نموذجاً لبحيرة صغيرة .



تتكون بحيرات كثيرة فى الفجوات التى تكون أكثر انخفاضاً من منسوب المياه . وهذه طريقة لتكوين البحيرات تختلف عن الطريقة التى قرأت عنها من قبل . فأنت تذكر أيضاً أن البحيرة التى يكونها النهر ينساب ماؤها فى قطعة من الأرض تشبه « السلطانية » . أما البحيرة أن التى يكونها منسوب المياه الجوفية فينساب الماء إلى التجويف الذى يشبه الكأس ويملؤها . وكلا النوعين من البحيرات صالح للتسلية وصيد السمك .

المنسوب المنخفض للمياه الجوفية :

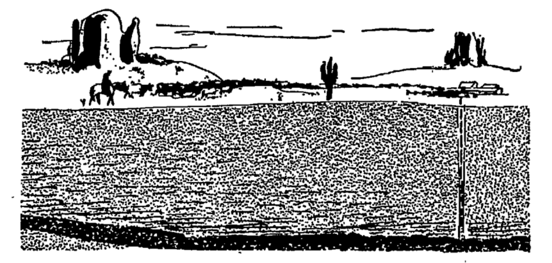
ويحدث أحياناً أن يجرى منسوب المياه الجوفية بعيداً عن سطح الأرض . وتستطيع المياه أن تتسرب إلى ارتفاع يكفى لنمو الحشائش ، ولكنها على عمق كبير لا يسمح بنمو الحقول أو الغابات .

وهنا لا ترتفع المياه إلى النباتات بسخاء كبير ، كما يحدث فى الأراضى الزراعية الجيدة . وإنما يمكن أن تتكون مراعى واسعة . و كثيراً ما يضطر الرعاة لحفر آبار عميقة لتمد قطعانهم بالماء .

منسوب المياه بعيدة الغور :

يكون منسوب المياه الجوفية بعيدة الغور عميقاً تحت سطح الأرض فى بعض بقاع الدنيا . ومثل هذه الأماكن هى الصحارى . والصحارى مساحات شاسعة من الأرض لا ينمو فيها من النبات سوى النباتات الشوكية .

والمياه الجوفية فى الصحراء عميقة ، لدرجة أنها لا تستطيع أن ترتفع إلى المستوى الذى يمكنها من تندية التربة ، أو الوصول إلى جذور النبات .

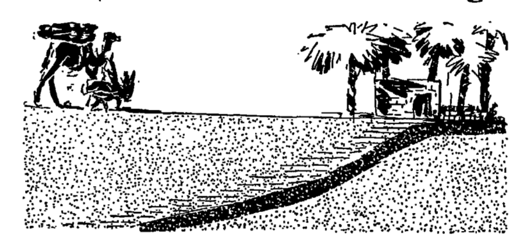


الواحة :

وحتى فى الصحراء توجد أماكن يرتفع فيها منسوب المياه الجوفية إلى مستوى قريب من سطح الأرض .

ويسمى مثل هذا المكان (واحة) ، ولعلك رأيت صوراً لواحة فى الصحراء . إنها مكان توجد فيه طبقة من الصخور الصلبة غير المسامية تحت الرمال . وهذه الطبقة الصلبة تحفظ منسوب المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض ، فيسهل الوصول إليه إذا حفرنا بئراً .

فإذا كان منسوب المياه الجوفية مرتفعاً ارتفاعاً كافياً ، يحدث أحياناً أن ينبثق الماء من الرمال على شكل ينبوع . وتكون الأرض مبللة (ندية) حول هذه الينابيع . ومن ثم تنمو هناك الأشجار وغيرها من النباتات الخضر . وإنك لتجد القرى وقد تركزت فى الصحارى بالقرب من هذه الينابيع والآبار ، لأن الناس استطاعوا أن يحصلوا على الماء . ويدل نمو النخيل والزروع الخضر على وجود الماء فى تلك البقاع . وحيث يوجد الماء يستطيع الناس أن يعيشوا كما يعنوا بقوافل الجمال التى تمر بهم .



بحيرات وأنهار تحت الأرض :

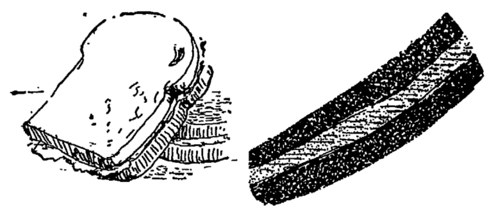
فى بعض الأماكن حيث يكثر سقوط الأمطار بغزارة ، وحيث تكون طبقات الصخور هشة ، يحدث أحياناً أن تذيب المياه الجارية الصخور اللينة فتجرفها معها إلى أسفل ، وبهذه الطريقة تنحت المياه كهوفاً مجوفة تصبح بحيرات جوفية ، وقنوات طويلة تصبح أنهاراً جوفية . ويأتى السيّاح من أقصى الأرض ليشاهدوا مغارات الماموث ، وكهوف كارلسباد ، ومساقط مياه روبى ، حيث يستطيعون أن يلقوا نظرة على مجارى المياه الجوفية الهائلة فى العالم .



وقد يحدث أحياناً أن ينساب مجرى جوفى من بين الصخور ، ويمتزج بأحد الأنهار فوق سطح الأرض . وحينئذ يجرى النهران معاً فى طريقهما إلى البحر .

الشطيرة الصخرية :

يجرى النهر الجوفى أحياناً خلال طبقات من صخور. ويمكن أن يطلق على هذا التكوين العجيب اسم الشطيرة الصخرية .



قد تتشكل الصخور أحياناً على هيئة شطائر صخرية

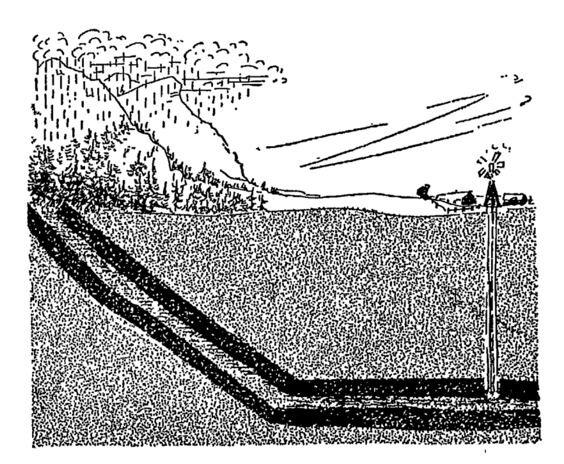
تصور شطيرة (ساندويتشاً) موضوعة على منضدة ، أحد جانبيها أعلى من الآخر قليلا . والآن تصور (الشطيرة الصخرية) مصنوعة من صخور غير مسامية (ليست لذيذة الطعم بطبيعة الحال) ومحشوة بالرمال أو بالصخور المسامية .

إذا سكبت الماء فى داخل الرمال أو المادة المسامية فى الطرف العلوى ، فإنه سوف يتسرب وينساب خارجاً من الطرف السفلى ، ولكنك لن ترى ماء فى أى مكان آخر فى فراغ « الشطيرة » لأن الطبقتين الأخريين من الصخور الصلبة غير المسامية تحولان دون تسرب الماء خلالهما .

وتوجد أمثال هذه الشطائر الصخرية فى أماكن كثيرة فى العالم . وفى بعضها يجرى الماء أميالا عديدة خلال الطبقات غير المسامية دون أن يظهر

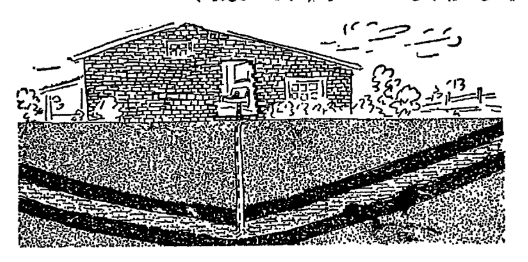
فوق سطح الأرض . فإذا احتاج الناس إلى بئر فى مكان كهذا ، كان عليهم أن يحفروا الطبقة العليا ، وينفذوا من الصخور الصلبة حتى يصلوا إلى المياه فى الشطيرة الصخرية . وتستعمل بلاشك آلات خاصة لاختراق هذه الصخور ، وهى مثاقيب ومطارق وأنابيب قوية تستخدم فى هذا الغرض .

ويستطيع الإنسان أن يحفر مثل هذه البئر فى كانساس بالولايات المتحدة ويحصل على مياه الشرب من الأمطار التى كانت تسقط على جبال روكى والتى تبعد آلاف الأميال . ويوجد فى أواسط غرب أمريكا أكثر من ١٥ ألف بئر من آبار الشطائر الصخرية .

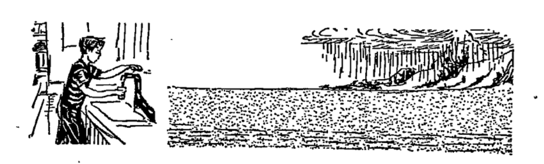


الآبار الارتوازية :-

وقد تحدث مفاجأة سارة أحياناً عندما يتم حفر بئر من الآبار . ذلك أن المياه تندفع من الفتحة على شكل نافورة . ويحدث هذا إذا حفرت الفتحة فى قاع « شطيرة صخرية » على شكل الحرف V . وفى مثل هذا المكان ، يمكن أن ترتفع المياه مباشرة إلى المنزل فى الأنابيب دون الاستعانة بالمضخات ، ذلك لأن الماء الموجود فى الطرف العلوى « للشطيرة » يساعد على دفع المياه إلى أعلى . وتسمى مثل هذه البئر بئراً ارتوازية . وإنك لتسمع الناس يطلقون هذا الاسم على كل بئر عميقة . ولكن البئر التى ترتفع فيها المياه إلى أعلى بدون مضخات ، هى البئر الوحيدة التى يطلق عليها بحق هذه التسمية (البئر الارتوازية) .



ويحصل معظم سكان العالم على حاجتهم من المياه من تلك الآبار الارتوازية ، ومن الآبار بعيدة الغور ، كما يحصلون عليها من الآبار القريبة من سطح الأرض أو التى لا تحتاج إلى عمق كبير — وكل هذه الآبار تنبع من منسوب المياه الجوفية تحت سطح الأرض .



أنت ومنسوب المياه الجوفية :

تتساقط الأمطار العذبة النظيفة من السحب على الأرض فى كل بقاع الدنيا . ويخيل إليك أننا فقدناها حينما تغور فى الأرض . ولكنها لا تضيع ، بل إنها تتسرب تحت التربة والرمال والصخور المسامية حتى تصل إلى طبقة الصخور الصلبة غير المسامية ، فتجرى المياه الجوفية على طول هذا القاع الصخرى الصلب . وقد تكون الصخور غير المسامية بعيدة الغور فى بعض البقاع تحت سطح الأرض ، وبذلك تغور مياه الأمطار مئات من الأقدام قبل أن تصل إلى قاعها الصخرى . وفى أماكن أخرى يكون منسوب المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض إذا كانت طبقة الصخور الصلبة قريبة منه .

وحيثما سرت فى أى مكان من العالم تنساب المياه الجارية تحت قدميك فى دروبها السرية فى طريقها إلى البحر . وإنك لا تستطيع أن ترى المياه الجوفية وهى تتسرب وتغور ببطء خلال التربة والصخور المسامية ، أو حينما تجرى سريعاً خلال البحيرات والأنهار الجوفية فى فى طريقها إلى البحر . ولكنك إذا نظرت إلى سطح الأرض ، استطعت أن تقرأ جانباً من قصة المياه المختفية تحت الأرض .

وسواء أكان منسوب هذه المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض تحت الحقول الخضر اليانعة ، أم بعيد الغور تحت الصحراء الذهبية الجافة ، فإن المياه الجوفية دائماً تجرى فوق قاعها الصخرى الصلب . وكل المياه مصدرها المطر أو الثلوج الذائبة ، فالأمطار تسقط على الجبال ، وتصب فى الأنهار ثم تسرع إلى البحر . وهى نسرى فوق مناطق الأرض المستوية وخلال الأماكن المسامية من التربة ، ثم تتسرب إلى مجموعة المياه الجوفية . وهذه تأخذ طريقها إلى البحر أيضاً .



حمولة ثمينة غالية

وسواء أكان النهر يجرى فوق الأرض أم تحتها ، فإنه يحمل معه مواد ينحتها من الصخور والتربة التى يجرى خلالها . وأنت تستطيع أن ترى بعض هذه الأشياء ، مثل الرمال والطمى والحصى . ولكن المياه تلتقط مواد أخرى غير هذه لا تستطيع أنت أن تراها بعينيك — تلك هى المعادن .

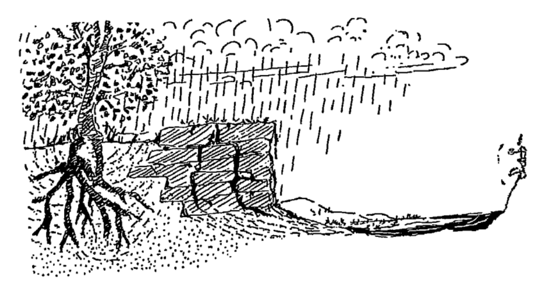
ما هى المعادن ؟ :

كل ما على الأرض تقريباً — ما عدا النباتات والحيوانات — مصنوع من المعادن . والمعادن اسم يطلق على الآلات من المواد المختلفة فى الأرض . فكل منتجات الصخر أو الرمل أو الأسمنت أو الأسفلت مصنوعة من المعادن على اختلاف أنواعها . والنقود التى فى جيبك ، سواء أكانت من الفضة أو النيكل أو النحاس ، مصنوعة من المعادن . وكذلك أوعية الألمونيوم فى المطبخ ، وكل المصنوعات الحديدية والذهب البراق والجواهر المتلألئة معادن . وأنت تعرف معدناً تستعمله دائماً — هو الملح .

والملح يذوب عندما تضعه فى الحساء (الشوربة) أو الماء .

وبالمثل تذوب معادن أخرى فى الماء ، ولو أنها لا تذوب بالسرعة نفسها التى يذوب بها الملح . وحينما تتشرب الأرض مياه الأمطار ، فإن هذه المياه بصفة دائمة مستمرة تذيب المعادن من الصخور والتربة التى تمر بها . فإذا تسربت هذه المياه خلال التربة امتصت جذور النباتات بعض هذه المياه والمواد المعدنية الذائبة .

ولكن معظمها يسير فى رحلته الطويلة صوب البحر .

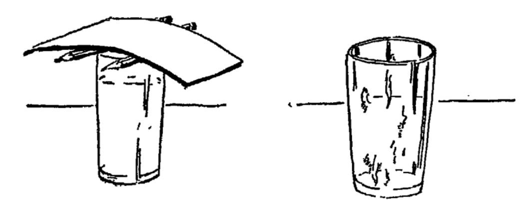


تذيب الأمطار بعض ما فى الصخور والتربة من أملاح معدنية (معادن)

وأنت لا تستطيع عادة أن تتذوق طعم الأملاح الذائبة فى النهيرات والآبار ، لأنها موجودة فى المياه بكميات ضئيلة جداً ، كما لو أذبت حبة من حبات الملح فى لتر من الماء ، ثم توقفت تذوق طعم الملح فى الماء . إنك لا تشعر بطعم الملح فى الماء رغم وجود المعدن فيه . وإليك طريقة ستدرك بها وجود هذه المعادن فى الماء بنفسك .

تجربة : تحتاج فى هذه التجربة إلى كوب جاف نظيف جداً .

العمل : املأ الكوب إلى منتصفه بماء من الصنبور . ضع قلمين فوق الكوب ، ثم غطه بقطعة من الورق المقوى بحيث تكون ملتوية بالطريقة المبينة فى الرسم . وهذا الغطاء يحفظ الماء من سقوط التراب فيه . ضع الكوب فى مكان دافئ (بالقرب من مدفأة مثلا) . ستبخر المياه ببطء (وقد يستغرق البخر بضعة أيام أو أسابيع) وتتخلف المعادن مكونة طبقة رقيقة بيضاء على جوانب الكوب .



ولعلك تدرك الآن لماذا لا تستطيع أن تغسل كوباً من ماء الصنبور ، ثم تتوقع أن يصبح الكوب نظيفاً لامعاً بعد أن يجف . إن الماء يتبخر ، ولكن الأملاح تتخلف على الزجاج ، وتضفى عليه غشاوة . وتسبب لنا بعض هذه الأملاح متاعب مختلفة ، فهى تمنع الصابون من أداء وظيفته فى إزالة الأقذار والأوساخ . والماء الذى يحتوى على كميات كبيرة من هذه الأملاح يسمى الماء العسر . ويضطر الناس فى المدن التى يكون الماء فيها عسراً إلى استعمال صابون خاص للغسل من الماء العسر . وقد يلجأون إلى استخدام صهريج من نوع خاص يحتوى على مادة كيمائية معينة تزيل من الماء الأملاح المعدنية الذائبة فيه ، والتى تسبب عسره .

ولا يجب أن تعترينا الدهشة إذا علمنا أن جميع المياه العادية تحتوى على أملاح معدنية ذائبة فيها . . . فالواقع أن الماء يقطع مسافات طويلة منذ أن يسقط مطراً على سطح الأرض ، ويسير فى جداول وأنهار حتى يصل إلى الخزان ، وهو فى تلك الرجلة الطويلة يذيب أكبر قدر ممكن من الأملاح المعدنية من التربة والصخور .

الأملاح المعدنية فى الأنهار الجوفية :

وتحمل الأنهار الجوفية أيضاً أملاحاً مذابة . ويزيد مقدار ما تحمله من تلك الأملاح على ما تحمله مياه الأنهار السطحية . وذلك لأن المياه تتسرب ببطء فى باطن الأرض ، ولا تكتفى بمجرد الجريان فوق سطحها . وهكذا تتمكن المياه من إذابة قدر كبير من الأملاح ، بفضل الوقت الذى تستغرقه فى تسربها خلال التربة ، فتذيب الأملاح وتحملها معها .

ولذلك غالباً ما نجد للمياه الباطنية التى قطعت شوطاً طويلا ومرحلة كبيرة تحت سطح الأرض طعماً خاصاً ، وذلك بسبب تلك الكمية الكبيرة من الأملاح المعدنية المذابة فيها . فهناك مياه معدنية طعمها ملح ، وأخرى لها طعم مر فيه طعم الحديد . وهذا الطعم يتوقف على نوع التربة أو الصخور التى تمر فيها المياه . فلو قدر لها مثلا أن تجرى خلال تربة بها أملاح الكبريت لكان طعمها ورائحتها مثل البيض الفاسد . ولعلك تفضل أن تكون مياه الشرب العادى من الماء الصافى دون أن يكون لها طعم البيض أو الملح أو الحديد أو أى شىء آخر . ومع ذلك يفضل بعض الناس هذا الطعم الخاص ، أو يعتقدون أن المياه المعدنية لها فوائد صحية معينة . وهذا ما يفسر لنا عرض زجاجات المياه المعدنية للبيع فى محال

البقالة والصيدليات وغيرها . . ولهذا السبب أيضاً قامت المدن الكبيرة حول عيون المياه المعدنية التى يقصدها الناس للاستشفاء ، ومن أمثلة هذه الأماكن :

عيون الكبريت البيضاء

وعيون ساراتوجا

حيث يشرب الناس الماء المعدنى المتدفق من الأنهار فى باطن الأرض .

تجمد الماء فى أثناء التقطير :

يحدث أحياناً أن تتسرب مياه الأنهار الجوفية تسرباً بطيئاً فى كهف تحت الأرض . . فإذا كانت هذه المياه تحوى قدراً كبيراً من الأملاح المعدنية المذابة حدث شىء غريب وبديع حقاً . .

فإن كل قطرة من قطرات هذه المياه المحملة بالأملاح المعدنية المذابة تبقى معلقة فى سقف الكهف فترة من الزمن بعد تسربها إليه . وحينئذ يتبخر الماء تاركاً الأملاح المعدنية وحدها . وهكذا تتبخر القطرة الثانية التى تليها فتزداد كمية الأملاح المعدنية المتخلفة تدريجياً ، وتكوّن شكلا جميلا يشبه الجليد المتحجر . وهذه تسمى « ستالكتايت » أو رواسب كلسية .

أما إذا تسربت المياه المحملة بالأملاح بسرعة فى الكهف ، تساقط جزء منها على قاعه . فإذا تبخر بعد ذلك خلّف وراءه الأملاح المعدنية على أرضية الكهف ، فتتراكم وتكون أشكالا مخروطية يتجه طرفها المدبب إلى أعلى . وهذه تسمى « ستالجمايت » أو رواسب كلسية متحجرة تعلو فوق أرض المغاور والكهوف . ويتراكم بعضها فوق بعض فتنمو إلى أعلى ،

بينما نرى أن الاستالكتايت تنمو إلى أسفل . ودوام هاتين العمليتين زمناً طويلا يسبب تقارب الاثنين (الاستالكليت والاستالجمايت) وتقابلهما ، فيكونان أعمدة شكلها غريب ، ذات جوانب منحنية مقوسة . ويكون لها فى بعض الأحيان ألوان جميلة تكتسبها من الأملاح المعدنية التى تتكون منها . فإذا كانت ألوان هذه الأعمدة جذابة حقاً وفى كهوف كبيرة بصفة خاصة ، أصبحت مقصد السائحين ، يحجون إليها من هنا وهناك .

ولو قدر لك أن تزور أحد هذه الكهوف ، لأدركت كيف تكون هذه الاستالكتايت والاستالجمايت صلبة كالصخر . إنها فى الحقيقة صخور ، رغم أنك لا تظن غالباً بل ولا تتصور أن الصخر جسم ذائب فى الماء ، ومع ذلك فهذه هى الطريقة التى تنشأ بها تلك الأعمدة



والاسطوانات الكلسية . ولا عجب إذا علمنا أنها مكونة من أملاح معدنية كانت فى يوم من الأيام أجزاء من صخور أخرى ، قد تبعد عن مكانها هذا مئات من الأميال ، والفضل فى نقلها إلى هذا الموطن الجديد يرجع إلى المياه الجارية التى أذابت تلك الصخور البعيدة تدريجياً ، وحملتها معها ، وهى على شكل أملاح ذائبة ، ثم رسبتها من جديد قطرة قطرة ، حتى كونت الصخور الغريبة البديعة التى رأيناها فى الكهف .

وهذه ظاهرة غريبة من أعجب الظواهر التى تمتاز بها تقلبات القشرة الأرضية . وتتمثل هذه الظاهرة فى ذوبان الصخر فى الماء ثم جريانه معه إلى أن يتحول إلى صخر من جديد ، أو يسير فى أحد الأنهار حتى يصب فى البحر .

حمولة تسير إلى البحر :

لا تنتهى معظم الأنهار الجوفية فى كهوف أو مغارات ، بل إن كثيراً منها يواصل سيره نحو المصب (المحيط أو البحر) ، حيث تنتهى معظم الأنهار التى تجرى فوق سطح الأرض . وتلتقط كل الأنهار فى أثناء رحلتها الطويلة طمياً ورملا ، ثم ترسب ما تحمله من الرمال والتربة فى مكان آخر من مجراها . أما الأملاح المعدنية وغيرها من المواد المذابة ، فإنها لا ترسب بل تبقى عالقة فى الماء حتى تصل إلى المصب .

ورغم ذلك فماء النهر الذى يصب فى المحيط أو البحر ماء عذب ليس فيه طعم الملح . ولو قدر لك أن تسبح فى ماء المحيط أو البحر وتشرب منه جرعة ، فإنك تشعر أنه ماء ملح للغاية .

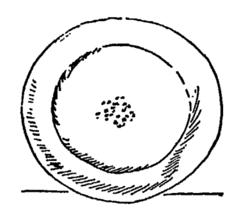
لماذا يكون ماء المحيط ملحاً ؟ :

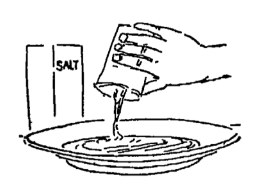
إليك طريقة تدرك بها السبب فى أن ماء المحيط أكثر ملوحة من ماء النهر الذى يصب فيه :

تجربة : تحتاج إلى كوب زجاجى ومقدار من الماء يملأ ربع كوب — وإلى ملء ملعقة شاى من ملح الطعام — وطبق .

ستصل إلى نتيجة التجربة بسرعة إذا استخدمت طبقاً قاتم اللون .

العمل : أضف الملح إلى الماء ، وقلبه حتى يذوب الملح كله . ثم صب محلول الملح فى الطبق وضعه على قاعدة إحدى النوافذ . . واتركه هناك حتى يجف الماء كله من الطبق . . ويمكنك أن تصل إلى نتيجة سريعة لتجربتك لو وضعت الطبق فى نافذة دافئة تغمرها أشعة الشمس ، أو فوق مدفأة . بعد أن يختفى الماء ، افحص الطبق جيداً .





ستجد ذرات دقيقة بيضاء متخلفة فى الطبق . وهذه بلا شك ذرات من الملح ، ويمكنك التأكد من ذلك إذا ذقت قليلا منها . إنه الملح نفسه الذى قلبته فى الماء فى أول التجربة .

وتثبت هذه التجربة تبخر الماء إذا سخن هو والملح معاً ، ولكن الملح يتخلف .

وتصب مياه الأنهار التى تحوى مقادير من ذرات ملح الطعام وغيرها من الأملاح المعدنية الكثيرة الأخرى بصفة دائمة مستمرة فى البحر أو المحيط . والشمس تقوم بعملها،فهى تبعث بأشعتها إلى المحيط الواسع المترامى الأطراف ، فيسخن الماء الذى فيه . . وهكذا نجد أن حرارة الشمس تبخر بعض ماء المحيط بصفة مستمرة ، أما الملح فإنه يتخلف دائماً، تماماً كما حدث فى التجربة السابقة . فبينما تصب مياه الأنهار فى المحيط يومياً حاملة معها الأملاح المعدنية المذابة التى جرفتها من الأرض ، يزيد قليلا مقدار الملح فى ماء المحيط ، والشمس تقوم بتبخير الماء بانتظام . ويتخلف دائماً ملح الطعام وغيره من الأملاح المعدنية . وهذه العملية مستمرة من ملايين السنين ، والأملاح تنتقل من الأرض إلى البحر على الدوام . . وهذا هو السبب فى أن ماء المحيط أكثر ملوحة من ماء النهر الذى يصب فيه .

الدورة المائية :

يبقى الملح فى قاع المحيط أو البحر ، أما الماء فإنه يسلك طريقاً لا نهاية له . فبعد أن تبخره حرارة الشمس ، يتصاعد بخار الماء فى طبقات الجو العليا ويكون سحباً تدفعها الرياح إلى حيث تريد ، إلى شاطئ الصين مثلا ، أو فوق غابة من غابات أفريقيا ، كما قد تعود بها مرة ثانية إلى قمة الجبل الذى بدأت عنده أولا منذ أمد بعيد ، وهذه السحب تبرد بتأثير ريح باردة فى أية بقعة تسير فوقها . ومن ثم تتحول

مرة أخرى إلى ماء ، ينزل قطرات من المطر فوق هونج كونج ، أو يثير الرعب بين قردة تختبئ فى شجرة من أشجار جوز الهند ، أو تضطر قوماً يقضون وقتاً فى الخلاء إلى البحث عن ملجأ يحتمون فيه . وقد تتساقط هذه الأمطار فوق حقول القمح العطشى ، فتتسرب داخل التربة حتى تصل إلى منسوب المياه الجوفية ، أو قد تمتلىء بها التربة الهشة على سفوح الجبال مرة أخرى ، وبذلك تجرى فى شكل جدول صغير ينضم إلى غيره من الجداول فيتكون منها نهر يأخذ طريقه صوب البحر ، فيقطع آلاف الأميال ، ويستمر فى هذا الطريق بصفة دائمة مستمرة . ويسمى هذا الممر الذى لا ينتهى « الدورة المائية » .

ورحلة الماء التى تبدأ من السحاب رحلة دائبة لا تنتهى ، فالماء الذى استخدمته فى غسل يديك هذا الصباح عمره ملايين السنين ، وقد قطع ملايين الرحلات من السحب وإليها ، يبلغ طولها ملايين الأميال . فلا تعجب إذا سمعت أن هذا الماء نفسه قد استخدم منذ عهد بعيد فى إحدى الطواحين المائية فى فرمونت ، أو إذا سمعت أنه كان زبداً يلطم سفينة كولمبس ، أو جزءاً من جبل جليد قرب جزيرة جرينلند ، أو كان قطرات من الندى تتلألأ على أوراق الأشجار والأزهار . ويحتمل أن تكون هذه القطرات من الماء قد دفعت أمامها بضع حبات من الرمال ورسبتها على ضفتى نهر النيل فى مصر ، كما يحتمل أنها تساقطت فوق قبعة أبراهام لنكولن وهو يسير وحيداً فى المطر . ولعلها كانت تدخل فى تركيب كرات الثلج التى تلعب بها . ولعلك شاهدتها وهى تتصاعد بخاراً من وعاء الحساء الذى تشربه — ولعلها كانت فى بركة موحلة يلعب فيها كلبك . ولكن هذه القطرات — فى كل حالة من الحالات السابقة — قد

صعدتها حرارة الشمس ، ونقتها من شوائبها ، ثم بعثت بها إلى السحب . فتصبح على استعداد لتسقط من جديد ، نقية نظيفة ، فوق سطح الأرض .

ويقطع الماء هذه الرحلة دائماً مراراً وتكراراً ، سواء أكان فى بحيرة أو نهر يجرى ظاهراً فوق سطح الأرض ، أو كان ينساب بين الصخور وداخل الكهوف تحت سطح الأرض . فالماء يسقط ثم يجرى فى طريقه صوب البحر ، وحرارة الشمس تصعده إلى السحب ، فيصب منها فوق ظهر الأرض ويتسرب إلى باطنها ، ومن ثم يجرى ثانية صوب البحر . إذن فالماء فى حركة دائبة لا تهدأ ، فهو دائماً يتصعد ، وهو دائماً يسقط — من السحاب إلى السحاب — وهو فى خلال هذه الرحلة الأبدية يروى عطش الأرض ، فترتوى .



الجبال تتآكل وتتلاشى

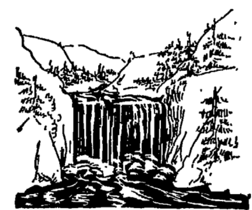
تتلاطم المياه وتدور دورتها ، وتجرى الأنهار دائماً لا تهدأ ، أما الجبال فتبدو ثابتة لا تتغير . ولعلك قرأت عن أولئك المستكشفين الذى جابوا جبال روكى فى أمريكا منذ قرن من الزمان ، ثم لعلك تعلم أن هذه الجبال ما زالت فى مكانها إلى يومنا هذا . ولا يزال عبور هذه الممرات الضيقة فى تلك الجبال من أشق الأمور فى فصل الشتاء . ولا يزال الناس فى حاجة إلى إنذار رجال البوليس وتحذيرهم من تساقط الثلج والجليد فوق ممر « دونر » بين نيفادا وكاليفورنيا ، حيث فقد كثير من الرواد الأولين والباحثين عن الذهب حياتهم منذ أمد بعيد . ورغم أن الجبال تبدو خالدة لا تبلى ولا تفنى ، إلا أنها فى تغير مستمر .

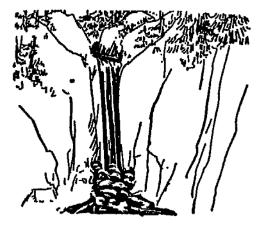
لقد درست عاملا من العوامل التى تغير الجبال — هو الماء — ورأيت أن الماء — فى أثناء جريانه — يحمل معه رمالا ، وأجزاء صغيرة من الحصى فتتها من الصخر ، كما يحمل أيضاً مواد أخرى . هذا إذا كانت حركة الماء سريعة . فهذا الماء الذى يجرى سريعاً فى أخاديد الجبال يقوم بعمل منشار ضخم هائل أو الورق المصنفر القاطع ، وذلك بما يحمله من مواد وأجسام اقتطعها من الصخور التى يمر بها .

وتحفر المياه أخاديد — تزداد عمقاً على مر الزمن — فى مجرى النهر الذى يسير فيه وبذلك تتكون شقوق تزداد عمقاً هى الأخرى ، والماء يبرد الصخر ويقطع منه قطعاً صغيرة على الدوام ، حتى يصبح سفح الجبل مغطى بتلك الشقوق والفجوات .



وتستمر عملية المياه فى برد الصخور عند الشقوق والفجوات ، وأخيراً تنفصل قطعة من الصخر فيجرفها الماء معه . ومعنى هذا أن جزءاً من الجبل قد بلى وانتقل من مكانه . وعلى مر الزمن تنحت فى سفح الجبل أخاديد وممرات . فكأن هذه النهيرات الدافقة تقطع أوصال الجبل الضخم الأشم بوصة بوصة .

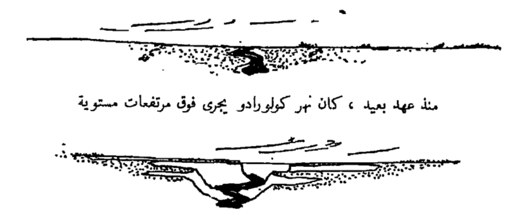




المياه تحطم المرتفعات وتهد كيانها :

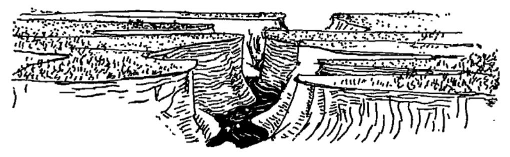
وتستطيع المياه كذلك أن تنحت فى الأرض العالية المستوية حتى تصبح فى شكل جبل . ويحدث هذا فى كثير من بقاع العالم . وأكبر مثال لهذه العملية فى الولايات المتحدة تراه فى « الكانيون الكبير » فى نهر الكولورادو .

وقد يحدث يوماً أن تحطم المياه المندفعة تلك الأرض الصخرية المرتفعة حتى يزول هذا الكانيون الكبير من الوجود ، وبذلك تتحطم كل أجزاء هذه الأرض المرتفعة وتصبح فى مستوى البحر . وعملية تحطيم الأراضى العالية المرتفعة تحدث دائماً ، لا فى الكانيون الكبير فحسب بل فى كل مكان تجرى فيه أنهار .

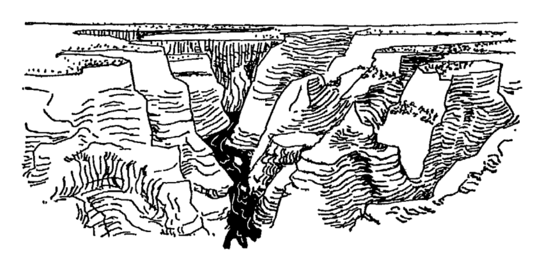


منذ عهد بعيد ، كان نهر كولورادو يجرى فوق مرتفعات مستوية

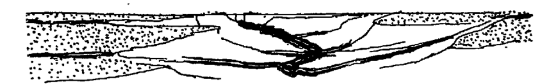
وعلى مر الزمن ، كون هذا النهر وادياً فى تلك الأراضى



ثم أخذ يعمق فى هذا الوادى تدريجياً



حتى أصبح مجراه الحالى منخفضاً عن مجراه الأصلى الذى كان يسير فيه بمقدار ميل تقريباً



وقد تتآكل جوانب النهر فى المستقبل



فتتحطم تلك المرتفعات وتتلاشى



حتى تصبح مرة ثانية سهلا منبسطاً وأرضاً مستوية

أنهار الجليد فى طريقها إلى البحر :

درست شيئاً عن مهمة المياه الجارية . ورأيت كيف تنحت الجبال ، وكيف تحطم المرتفعات وتهد من كيانها . ولكن أتعلم أن هناك أنهاراً أخرى تنحت الأرض وتجرفها أمامها ؟ هذه هى أنهار الجليد .

وتتكون معظم الأنهار من قطرات المطر ، أما أنهار الجليد فإنها تتكون من الجليد الذى يتساقط من فوق قمم الجبال ، حيث يشتد البرد فى معظم فصول السنة . فالجليد يتساقط ثم يتراكم بعضه فوق بعضه .

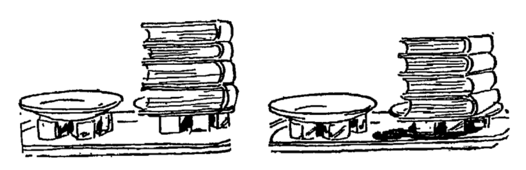


تبدأ رحلة نهر الجليد من فوق قمم الجبال

فإذا تراكم الجليد بكميات ضخمة ، انضغطت طبقاته الدنيا ضغطاً شديداً وتحولت بسببه إلى ثلج ، تماماً كما يحدث حين تضغط كرة من الجليد ضغطاً قوياً فيتحول الجليد إلى ثلج . وإذا زاد الضغط على هذا الحد حدثت ظاهرة لطبقات الثلج . وإليك طريقة توضح لك هذا الذى يحدث .

تجربة : ستحتاج إلى ستة مكعبات من الثلج ، وطبقين مسطحين حجم واحد ، وأربعة كتب ثقيلة الوزن .

العمل : ضع كل طبق فوق ثلاثة مكعبات من الثلج . ثم ضع الكتب فوق أحد الطبقين . شاهد أية مجموعة من مجموعتى مكعبات الثلج ستذوب أولا قبل الأخرى .



ستجد أن مكعبات الثلج التى تحت الكتب تذوب أسرع من الأخرى ، وذلك بسبب الضغط الشديد الواقع عليها والذى يفوق ضغط الطبق وحده الواقع على مجموعة المكعبات الأخرى .

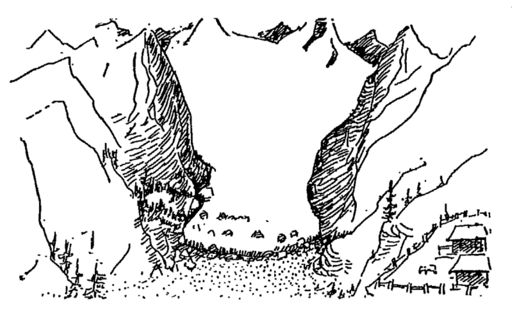
وهذا هو الذى يحدث فى نهر الجليد . ذلك لأن الطبقة الدنيا من الثلج تذوب شيئاً فشيئاً بسبب زيادة وزن الجليد الذى يضغط عليها من أعلى . وبذلك تصبح هذه الطبقة زلقة . وحينئذ تبدأ هذه الكتلة الهائلة من الثلج والجليد فى الانزلاق على سطح الجبل ببطء شديد ، وتصبح



هذه الكتلة نهراً من الجليد يتحرك حركة بطيئة متثاقلة . ويسمى هذا النهر « نهر الجليد » .

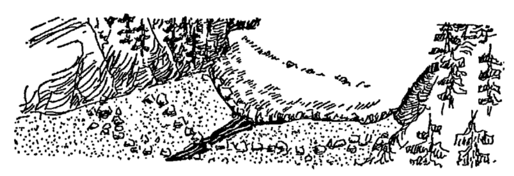
عمل نهر الجليد :

يستمر نهر الجليد فى الانزلاق فوق سفح الجبل دائماً . ويغذى قمة نهر الجليد ما يتساقط عليه من ثلج — تماماً كما تغذى الأمطار المتساقطة النهر العادى . ويكتسح نهر الجليد — أسوة بالنهر العادى — تلك الأراضى التى يمر بها ويجرفها . ويلتقط الثلج أثناء انزلاقه حبات الرمل والحصى ، بل يلتقط تلك الصخور السائبة المستديرة بفعل الماء أو الجليد ، ثم يدفعها أمامه على سفح الجبل ، فيجرشها ويحطمها أو يبشرها ويبريها تحت ضغطه الهائل ؛ كما ينحت الجبل الذى تحته أو يخدشه . ويصبح هذا الجبل الصخرى — سنة بعد أخرى — وقد طحنه هذا النهر الجليدى .



ويستمر انزلاق نهر الجليد — بما يحمله من تلك المواد الصخرية —

على سفح الجبل حتى يصل إلى نهايته . وقد يتلاشى نهر الجليد بعد جزء من الطريق عند أسفل الجبل حيث تكفى حرارة الهواء لإذابة الثلج والجليد . ومن ثم ينحدر الجليد المذاب والثلوج الذائبة تاركة وراءها المواد الصخرية التى كانت تحملها وقد تكدس بعضها فوق بعض .



تذوب أنهار الجليد ، ويتخلف عن ذوبانها تلك المواد الصخرية التى كانت تحملها

وإذا كان الهواء بارداً عند أسفل الجبل ، استمر نهر الجليد على طول الطريق كاه صوب البحر دون أن ينصهر (أو يذوب) . فإذا دخل البحر ، انقسم إلى كتل ضخمة تسمى جبال الثلج العائمة ، تدفعها الرياح إلى البحر أو تجرفها تيارات المحيط فى طريقها حتى تصل إلى مناطق ماؤها أكثر حرارة وهنا تذوب . وحيث تذوب جبال الثلج العائمة ، يترسب فيها كل ما كانت تحمله من المواد الصخرية . وقد



يحدث ذوبان هذه الثلوج فى مكان يبعد مئات الأميال عن سفوح الجبال التى انحدرت منها .

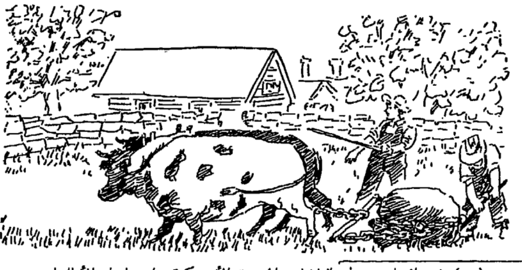
وقد حدث منذ آلاف السنين أن كانت الأرض أشد برودة مما هى عليه الآن . فكانت أنهار الجليد تغطى أرض كندا ، وجزءاً كبيراً من مساحة الولايات المتحدة ، كما كانت تغطى معظم أنحاء أوربا. وكانت تلك الأنهار الجليدية عريضة عميقة ، بدرجة أنها كونت طبقة متسعة



من الثلج بلغ سمكها عشرة آلاف قدم أو تزيد . وقد سطرت هذه الكتلة الضخمة من الثلوج قصتها ، ودونتها فى طريقها الذى مرت به .

وقد رأيت كيف أن هذه الأنهار الضخمة تجرف ما تصادفه فى طريقها فوق الأرض ، وكيف أنها فى حركتها البطيئة ، تنحت الصخر وتحفر الأودية . ثم تخلف وراءها خدوشاً وفجوات فى تلك الصخور وكأنها مشط مارد مر فوق هذه الجبال . ويمكنك أن ترى الآثار والعلامات مطبوعة على الصخور التى مرت فوقها أنهار الجليد .

فالثلج حيث ذاب ، قد أسقط ما كان يحمله من صخور ورمال لمسافة ربما وصلت إلى آلاف الأميال . وقد تستطيع أنت اليوم أن تمر بصخرة ضخمة دخيلة غريبة عما يجاورها من صخور ،وناتئة عما حولها من أرض . فإذا ظهر لك أن تلك الصخرة تختلف فى لونها وفى طبيعتها وتكوينها عما يجاورها من الصخور الأخرى ،أدركت تماماً أن نهراً جليدياً قد تركها حيث هى . ومعظم الصخور التى تراها متناثرة هنا وهناك فى حقول نيو إنجلند[١] قد جلبتها معها أنهار الجليد التى ذابت وخلفتها فى مكانها .

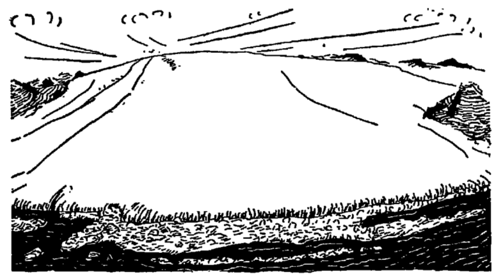


(١) نيو إنجلند — فى الولايات المتحدة الأمريكية على ساحل الأطلنطى .

وقد كانت هذه الصخور الجليدية عقبة كأداء للفلاحين الذين حاولوا حرث التربة فى تلك البقاع بعد ذلك بآلاف السنين .

هذا وقد غيرت أنهار الجليد مناطق شاسعة من الأرض ، وذلك بما رسبته فوقها من مواد جلبتها معها من الجبال . فكم ردمت من بحيرات وأنهار ، وكم شيدت من أراض جديدة فوق الماء .

فقطعة الأرض التى تسمى اونج أيلاند [1] إن هى إلا متسع من اليابس يبلغ طوله مائة وخمسين ميلا ، وقد تكونت هذه الجزيرة من مواد دفعتها الثلوج أمامها وجرفتها أنهار الجليد ، ومن ثم تركتها حيث هى فترا كمت بعد ذوبان الثلج والجليد .



جزيرة لونج أيلاند مدينة بوجودها لنهر من أنهار الجليد ، بناها منذ ألف سنة

وقد أحدثت أنهار الجليد — فى الواقع — تغيرات عديدة فى سطح الأرض . فكم فتتت من جبال فتناثرت أجزاؤها هنا وهناك . كذلك ترى

(١) لونج أيلاند جزيرة فى المحيط الأطلسى تجاه الساحل الشرقى للولايات المتحدة الأمريكية .

أن أنهار الجليد — وهى تنزلق على سفح جبل من الجبال — تفتت هذا الجبل فيتآكل ثم ينتهى به المطاف فى البحر .

الرياح تفتت الجبال :

حينما تسير فوق أرض رملية فى يوم عاصف ترى أن الرمال وقد أثارتها الرياح تدور فى كل مكان ، حتى أنك تشعر بحبات الرمل الرفيعة وهى تلفح بشرتك . وهكذا ترى كيف تجعل الرياح من الرمال عاملا يخدش ما يصادفه ، ويفتته تماماً كما يفعل ورق الصنفرة .



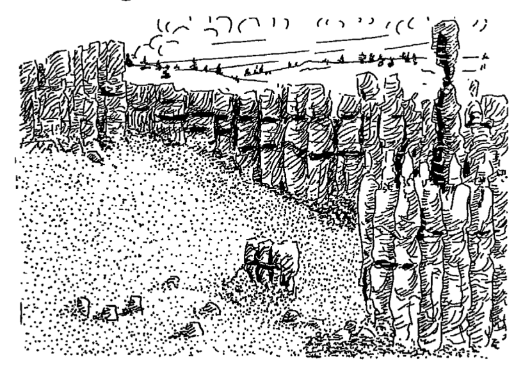
فهذه الرمال تستطيع إذا عصفت بها الرياح أن تخدش أشد الأجسام صلابة وتفتتها ، فتبلى ، وعلى مر الزمن تستطيع هذه الرمال أن تزيل



من الوجود أشد الصخور صلابة .

وهذا هو ما يحدث تماماً فى بقاع كثيرة من العالم .

فى الصحراء الغربية نرى الصخور وقد نحتتها الرمال وصورتها فى أشكال عجيبة ، فمنذ آلاف السنين أخذت هذه الرمال ـــ تدفعها الرياح ـــ فى تفتيت تلك التلال والجبال قليلا قليلا .وقد تكاتفت الرياح العاصفة مع تلك الرمال المدببة الحادة فى نحت الصخور ، فأصبحت تحكى قصة واضحة للطريقة التى تلاشت بها جبال من فوق سطح الأرض .



أشعة الشمس تشقق الصخور :

لو أنك خرجت فى رحلة إلى الريف ، وسرت عند سفح جبل شديد الانحدار ، لرأيت مجموعة ضخمة من الصخور وقد تراكمت بعضها فوق بعض . وهذه الصخور آتية من سفح الجبل نفسه أو من قمته ،

تفتتت وانحدرت ، لا بفعل الدينا ميت ، ولا بفعل مثقب ضخم قوى ، ولكن بقوة الماء والرياح وأشعة الشمس .

ومن العسير أن يتصور المرء أن شيئاً صلداً قوياً ثقيلا كالصخور – يصعب عليك حتى أن تحمله بيدك – يمكن أن يتفتت بتأثير أشعة الشمس . ولو أنك أردت أن ترى كيف تشقق حرارة الشمس الصخور لوجب عليك أن تنتظر زمناً طويلا ، ولكنك تستطيع أن تختصر هذا الزمن إذا استعنت بحرارة فرن يحل محل حرارة الشمس .

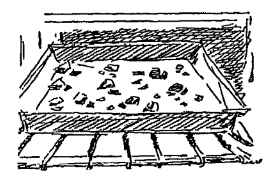
تجربة : تلزمك الأدوات الآتية :

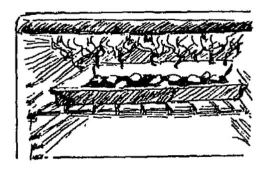
فرن تركب فوقه (شواية) . وعشر حبات كبيرة من الحصى .

العمل :

ضع حبات الحصى فوق (الشواية) أو فى وعاء مسطح ، ثم قرب هذا الوعاء المملوء بالحصى من اللهب قدر ما تستطيع ، ثم أشعل اللهب إلى أقصى طاقته ، واتركه بضع دقائق .

الملاحظة : سترى بعد دقيقة أو دقيقتين أنك تسمع صوت فرقعة نتيجة تشقق حبات الحصى .





هنا تستطيع أن تدرك أثر الحرارة فى الصخور

ولعلك رأيت الظاهرة نفسها تحدث فى الأحجار التى تحيط بالنيران التى تتوسط مجلس السمر فى معسكر الكشافة . وسبب هذه الظاهرة أن الصخور وأغلب الأجسام تتمدد بالحرارة فيزداد حجمها . فالقشرة الخارجية من حبات الحصى قد سخنت فتمددت بينما داخلها لم تصله الحرارة تقريباً ولذلك يتمدد ببطء .

وصخور الجبال تلفحها حرارة الشمس وتؤثر فيها طوال النهار ، وإن كان أثرها لا يبلغ أثر الفرن على حبات الحصى . بيد أن الشمس دائبة الأثر فى هذه الصخور منذ أمد بعيد .

وهكذا تضرب أشعة الشمس قمم الجبال العارية والسلاسل الجبلية الحادة المعرضة لها ، وهكذا تتمدد تلك الأجزاء قليلا قليلا ، وأخيراً تتشقق وتنكسر ، ويبقى الجبل وقد أصبح أقل ارتفاعاً مما كان ، وقد فقد أيضاً ما فيه من نتوءات حادة . . أما الأجزاء الصخرية التى تنفصل ، فإنها تتدحرج حتى تصل إلى أسفل الجبل . وربما أتيحت لك الفرصة لركوب السيارة ، والسير قريباً من قاعدة جبل من الجبال ، وحينئذ ربما تشاهد لافتة كتب عليها « خطر ! أحجار آيلة للسقوط » . وحرارة الشمس هى السبب فى إزاحة بعض هذه الصخور . ثم إن قمم



الجبال العالية الصخرية دائماً فى حالة تآكل وتحول من الشكل المدبب إلى الشكل المستدير ، بتأثير حرارة الشمس الدفيئة الهادئة .

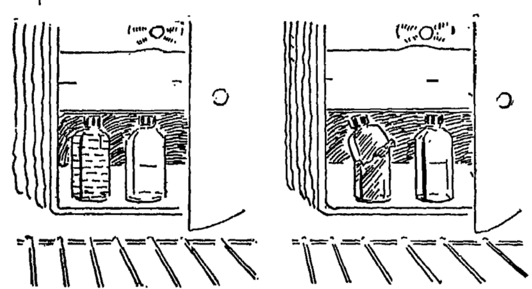
التجمد يكسر الصخور :

والبرودة تكسر الجبال بطريقة أخرى ، وذلك حين تتجمد المياه فى تلك الشقوق التى تتخلل الصخور . ولعلك شاهدت وعاء مليئاً باللبن المتجمد ، وقد دفع غطاؤه إلى أعلى بوصة أو بوصتين . فاللبن يتمدد حين يجمد ، ومن ثم يحتاج إلى حيز أكبر . وكذلك الماء يتمدد حينما يتحول إلى ثلج ، وبذلك يحتاج أيضاً إلى حيز أكبر . فإذا تمدد الماء دفع ما أمامه بقوة ؛ ويمكنك أن تلمس هذه القوة إذا أجريت التجربة الآتية :

تجربة : الأدوات اللازمة :

قنينتان صغيرتان لكل منهما غطاء محوى — ماء .

العمل : املأ إحدى القنينتين بالماء إلى حافتها . والآن أحكم سد

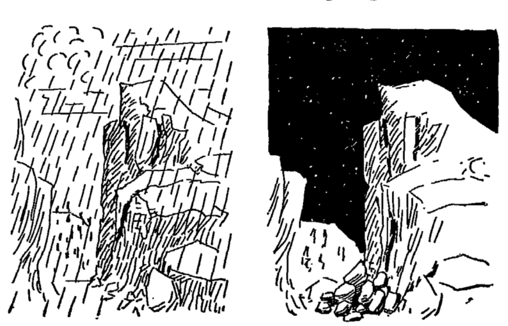


القنينتين المملوءة والفارغة بوساطة الغطاء المحوى . ضع القنينتين فى مبرد الثلاجة الكهربائية واتركهما ساعة تقريباً . ثم شاهد ما يحدث لهما.

ستجد أن الماء فى إحدى القنينتين قد تحول إلى ثلج ، وأن هذه القنينة قد انكسرت . أما القنينة الفارغة فلم تنكسر ، لأنه لم يكن بها ماء يتمدد بالتجمد فيؤدى إلى كسرها .

ولا شك أن كسر قنينة من الداخل يحتاج إلى دفعة قوية ، والماء حين يتمدد عندما يتحول إلى ثلج يدفع بقوة كبيرة.

وهذا هو ما يحدث تماماً فوق سفوح الجبال الصخرية فى الأيام الباردة . فى أثناء النهار يتجمع ماء المطر أو المياه الذائبة من الثلوج فى شقوق الجبال ، وفى الجيوب الصخرية . أما بالليل ـ حين تنخفض درجة حرارة الجو ـ فيتحول هذا الماء إلى جليد يتمدد ويتسبب عن ذلك التمدد تشقق كتل من الصخر ، تسقط من الجبل وتنضم إلى غيرها من الصخور عند أسفل الجبل .



النباتات تكسر الصخور :

وللنبات دور فى تكسير الصخور . فالبذور النامية التى تنتفخ عندما تلامس الرطوبة لها قوة خارقة . ولكى تدرك ما لها من قوة أجر التجربة الآتية :

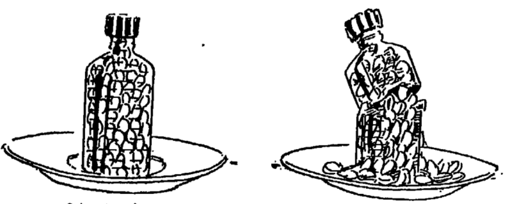
تجربة : الأدوات اللازمة :

بضع حبات جافة من الفول ـــ زجاجة ذات غطاء محوى مملوءة بالماء .

العمل :

ضع أكبر قدر ممكن من حبوب الفول بداخل الزجاجة (سيدفع بعض الماء إلى خارج الزجاجة) . والآن أحكم إقفال الزجاجة بغطائها واتركها ليلة فى مكان دافئ .

الملاحظة : ستجد أن حبوب الفول ـــ التى هى بذور فى الواقع ـــ تنتفخ ، حتى إذا ما أقبل الصبح ، ستجد أنها ربما انتفخت إلى درجة سببت كسر الزجاجة .



من كان يظن أن لهذه الحبوب تلك القوة الكبيرة والأثر الفعال؟

وبالطريقة نفسها نجد أن الصخور تنكسر بسبب ما قد ينمو فى

شقوقها وحفرها من حبوب . وأن جذور الشجرة التى تبدأ حياتها بذرة صغيرة ، تستطيع أن تكسر كتلة كبيرة من الصخر . فأنت ترى أن تلك الحبوب والبذور التى تنتشر على سفوح الجبال تتعاون جميعها فى العمل على تكسير صخور ذلك الجبل .



تستطيع جذور النبات أن تحطم كتلة ضخمة من الصخور

النباتات تغير الصخور :

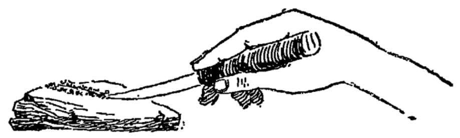
هل سبق لك أن شاهدت عن قرب كتلة كبيرة من الصخر ؟ لو أنك فعلت ذلك لوجدت هذه الصخرة وقد انتشر على سطحها نبات أخضر أو أزرق مشرب بلون رمادى ، يسمى حزاز الصخر (حشائش البحر) . وهذا النبات قريب الشبه بطحالب الماء ؛ وبعض هذه النباتات دقيق غاية الدقة يشبه الزغب الملون . وبعضها أكبر من ذلك حجماً ، ولكنها جميعاً تشترك فى ميزة واحدة ، هى قدرتها على أن تعيش فوق الصخور .



وكل نبات يحتاج فى نموه إلى بعض الأملاح المعدنية التى توجد فى التربة . وتحصل معظم النباتات على هذه الأملاح المعدنية بوساطة جذورها الممتدة فى التربة الهشة . وأنت تعلم أن تلك الأملاح كانت أصلا جزءاً من الصخور ، فأذابتها مياه الأمطار وحملتها معها حتى تشربتها التربة . وتعلم أيضاً أن معظم النباتات تحصل على الأملاح اللازمة لها مذابة فى الماء .

ولكن « حزاز الصخر » يقوم بوظيفة أخرى أشد وأقسى ، إذ ينبغى له أن يحصل على غذائه من الصخور الصلبة . ولكى يقوم بهذا العمل عليه أن يفرز عصارات خاصة تجعل الصخور طرية لينة ، ثم يأتى ماء المطر فيذيب المواد المعدنية التى فى الصخر بحيث يستطيع هذا النبات امتصاصها . . وهكذا نجد أن تلك النباتات تساعد على تكسير الصخور بينما تمتص غذاءها من المواد المعدنية ، وبذلك يتحول فتات الصخر إلى تربة .

فإذا عثرت على صخرة يغطيها حزاز الصخر ، فانزع عنها جزءاً من هذا النبات ، ثم انظر إلى الصخر العارى ، وستجد أنه قد تآكل قليلا . فإذا أزلت بقايا النبات من سطح الصخرة بظفرك أو بمدية صغيرة ، لاحظت أنه أكثر نعومة من تلك الأجزاء التى لا ينمو عليها النبات ، أى أنك إذا شاهدت هذا النبات فكأنك تشاهد صخراً قد تحول جزء منه إلى تربة .



وتتكون التربة حتى من النباتات الدقيقة الصغيرة التى تنمو على سطوح الصخور

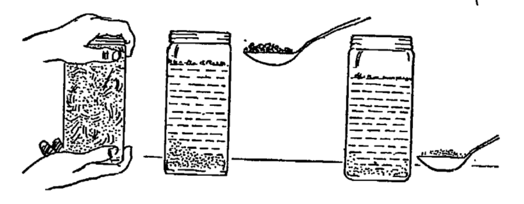
ما هى التربة :

حينما تسير للنزهة فى الريف ، فأنت لا تسير غالباً على أرض صخرية ، بل تصادفك الصخور وقد نتأت فوق الأرض هنا وهناك . ولكن معظم أجزاء هذه القشرة الأرضية عبارة عن صخور تغطيها تربة ينمو فيها النبات . إذن ما هى التربة ؟ وكيف وصلت إلى هذا المكان ؟ تستطيع الإجابة عن هذا السؤال إذا قمت بالتجربة الآتية :

تجربة : الأدوات اللازمة :

إناء صغير من الزجاج له غطاء محوى — كمية من التراب تحصل عليها من حديقة بيتك .

العمل : ضع حفنة من التراب داخل الإناء ، ثم املأه بالماء . وأحكم سد الإناء ثم رجه واتركه دقيقة أو دقيقتين .



سوف تجد أن معظم التراب يرسب فى القاع ، بينما يبقى بعضه طافياً على سطح الماء .

والآن : أزل المادة الطافية فوق الماء واختبرها .

تجد أنها قاتمة لينة — وإذا فحصتها عن قرب فستجد أنها مكونة

من مواد نباتية متفتتة ، هي جذور وسيقان وأوراق نباتات تقادم عليهاالعهد.

والآن اعمل ما يأتي : صب ما تبقى من الماء ، ثم اختبر المادة التى ترسبت فى قعر الإناء . وسوف تجد أنها مكونة من ذرات من الرمل ، وحبات صغيرة من الحصى . أى أنها بعبارة أخرى مكونة من أجزاء دقيقة من فتات الصخر .

فالتربة إذن تتكون من مواد نباتية ، وأخرى صخرية ، والمواد النباتية إن هى إلا بقايا فتات النبات ، تخلفت منذ عام أو يزيد. وقد يصل بها العهد إلى زمن بعيد . أما الصخر — الصخر العارى — فقد بدأ ينكسر ويتشقق بتأثير الحرارة والبرودة والمطر والثلج . ومن ثم ينمو عليه « حزاز الصخر » ، ويصب عصارته فى تلك الصخور العارية ، فيحولها تدريجياً إلى صخور هشة ناعمة .

ثم تستطيع أنواع أخرى من النبات أن تنمو فى ذلك المزيج من فتات الصخر ونباته . فإذا ماتت تلك النباتات ، تكسرت إلى جزيئات صغيرة وأصبحت جزءاً من التربة . وفى هذه التربة الناعمة تنمو نباتات أخرى لا تلبث أن تموت وتتحلل ، وبذلك تصبح جزءاً من التربة مرة أخرى . .



فكأن النبات وضوء الشمس وحرارتها ، قد حولت تدريجياً تلك الأرض الصخرية الصماء إلى تربة هشة ناعمة بتأثير العوامل الجوية والماء . وكأن الصخر الصلد قد تفتت ثم تحول إلى طبقة من التربة الغنية الخصبة رويداً رويداً . غير أن هذه الطبقة من التربة القريبة الغور ، لا يزيد عمقها على بضعة أقدام ، ومع ذلك فإن هذه التربة القريبة الغور ، والتى كانت يوماً من الأيام صخراً تنمو فيه كل النباتات التى تصلح لغذائنا ، كما ينمو فيها ذلك الكساء الأخضر الجميل الذى يغطى القشرة الأرضية .

الصخور المتحولة :

تنتشر الصخور فى كل أنحاء العالم ، وهى دائماً فى تغير وتحول . فعلى سفوح الجبال العالية تنشقق الصخور بفعل حرارة الشمس، كما تتفتت بتأثير المياه المتجمدة . ثم تجرفها أنهار الماء وأنهار الجليد فتدفعها أمامها . ثم إنها تتآكل بتأثير حزاز الصخر ، كما تذيبها المياه الجارية .

وقد بدأ الصخر يتحول إلى تربة — فى كل بقاع العالم — منذ أجيال لا حصر لها . ولكن رحلة الصخور هذه لا تنتهى ولن تنتهى أبداً .

فالكائن الحى يشتمل فى كل جزء من جزئياته على أملاح معدنية كانت فى يوم من الأيام صخراً قد تحول إلى تربة . ويرجع الفضل فى امتصاص هذه الأملاح المعدنية إلى جذور النبات . ومن ثم استخدمها النبات فى بناء سيقانه وأوراقه ، أزهاره وثماره ، فإذا ما أكل هذا النبات حيوان أصبحت تلك الأملاح المعدنية جزءاً منه لا يتجزأ. ومع ذلك لا تنتهى رحلته عند هذا الحد إذ لا يبقى شىء فى العالم دون أن يتحور أو يتعدل على الدوام .

فالصخر لا يبقى أبد الدهر صخراً ، والورد لا يظل ورداً على الدوام .

إن ثمرة التفاح التى تأكلها اليوم لذيذة طازجة ، إنما يرجع تاريخ حياتها قروناً عديدة إلى الوراء كعمر التلال الصخرية نفسها . وحينما تأكل التفاحة تصبح بعض الأجزاء الدقيقة من تلك التلال جزءاً منك .

تصور ما كانت عليه هذه التفاحة قبل أن تصبح جزءاً منك !

ربما كانت فى يوم من أيام الخريف أوراق أشجار تساقطت وتراكمت فى التربة بالقرب من جذع شجرة التفاح ، وربما كانت قبل ذلك بسنوات جزءاً من قشرة بيضة طائر من الطيور . . وربما كانت جزءاً من صخر كلسى فى أحد الكهوف المظلمة . وربما كانت فى لحظة من اللحظات جزءاً من جناح فراشة تطير فى الهواء . وربما كانت فى زمن من الأزمان حبة من حبات القمح زرعها أحد الهنود .

فكل ما على الأرض يتجدد تكوينه مرة بعد أخرى من نفس مواد الأرض . فالمادة لا تفنى ، إذ أن كل هذه الأجسام وتلك المواد كانت يوماً من الأيام – مرة ومرات – أجزاء تدخل فى تركيب كثير من الأشياء وفى كثير من الأماكن . وأنت حين تأكل تفاحتك اليوم تصبح هذه الأجزاء من مكونات الأرض وأجسامها وموادها جزءاً منك ، وأنت بدورك جزء لا يتجزأ من العالم الذى تعيش فيه .



اليابس والماء يلتقيان

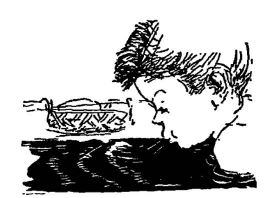
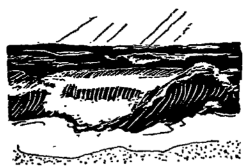
هناك حركة مستمرة عند ساحل البحر حيث يلتقى اليابس بالماء . فالأنهار تصب ما تحمله من تربة وصخور ذائبة فى جوف البحر الصاخب. ولقد رأيت كيف تتفتت المرتفعات فتصير منخفضات بتأثير كثير من العوامل المختلفة . وهنا — فى هذا المكان الذى يلتقى فيه اليابس بالماء — ترى عاملا آخر من العوامل التى يتآكل بسببها اليابس .

فعلى طول حافة الماء تتلاطم الأمواج ، فتضرب الشاطئ وتصطدم به فتغير معالم الساحل .

لعلك تعجب للطريقة التى تتكون بها الأمواج ، فلماذا لا تحاول أن تحدث أمواجاً بطريقة صناعية ؟ ! إنك تستطيع أن تفعل هذا إذا جلست فى حوض الاستحمام . . وانتظرت حتى يسكن الماء ويهدأ ، ثم نفخت بفمك فوق سطح الماء . إنك ترى أمواجاً خفيفة تأخذ فى التكون.

وتتكون أمواج المحيطات والبحيرات بالطريقة نفسها ، ألا وهى تأثير الرياح التى تهب على سطح الماء .

فعندما تصطدم الأمواج بالساحل اصطداماً دائباً ليل نهار ، — اصطداماً يستمر آلاف السنين — تحدث تلك الأمواج فى اليابس

تغيرات لا حد لها . ونستطيع نحن أن نشاهد بعض هذه التغيرات بينما تستغرق تغيرات أخرى زمناً طويلا .

تحول الحصى إلى رمال :

لو قدر لك أن تسير حافى القدمين على شاطئ مملوء بالحصى ، لرغبت فى أن يتحول ما على الأرض من قطع الحصى الحادة إلى رمل ناعم . وتشاهد هذه الأمنية محققة حيث تصطدم الأمواج بشاطئ البحر .



فحينما تتكسر الأمواج واحدة فى إثر أخرى ، وتفتت الحصى الذى تحتها ، تتدافع حبات الحصى بعضها فوق بعض محدثة ذلك الصوت الذى تسمعه على الشاطئ ، ومن ثم تبلى أطراف الحصى الحادة فتصير ناعمة مستديرة .

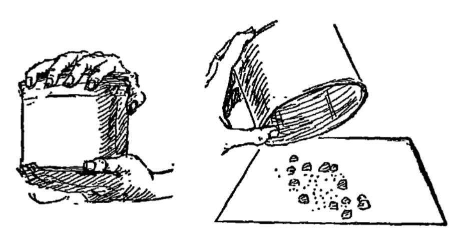
وتستمر هذه العملية حتى تتشقق حبات الحصى وينفصل بعضها عن بعض ، فيصغر حجمها شيئاً فشيئاً حتى تتحول فى النهاية إلى جزئيات دقيقة ناعمة من الرمل .

ونحن لا نتصور أن الأمواج تحيل الحصى إلى رمال بين يوم وليلة ، ولكى تأخذ فكرة واضحة عن الزمن الذى تستغرقه هذه العملية ، قم بالتجربة الآتية :

تجربة : الأدوات اللازمة :

علبة فارغة من الصفيح لها غطاء — حفنة من الحصى الكبير — قطعة من الورق القاتم اللون أو القماش .

العمل : اغسل حبات الحصى لتتخلص مما بها من الرمال . جففها ثم ضعها فى العلبة — رج العلبة بشدة إلى أعلى وإلى أسفل مائة مرة . ثم أفرغ حبات الحصى فوق الورقة .



ستجد أن كمية قليلة من حبات الرمل قد ظهرت مع الحصى .
ما الذى تستنتجه من ذلك ؟

حينما قمت برج العلبة مائة مرة ، فكأنك سحقت الحصى أكثر مما تفعل الأمواج فى ساعة كاملة .

ومع ذلك فإنك لم تحصل إلا على عدد قليل من ذرات الرمل .

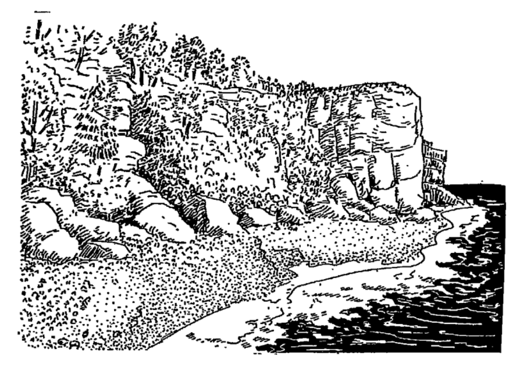
كم تستغرق إذن عملية تحويل الحصى كله إلى رمال ؟

لكى تكوّن فكرة عن هذا الزمن ، تصور حفنة من الرمال المتوسطة الحجم تحتوى على نحو خمس وعشرين مليوناً من حبات الرمال .

طبعاً تختلف الأمواج بعضها عن بعض فى قوتها ، كما تتكون بعض حبات الحصى من صخور تختلف فى الشدة والصلابة . كما يلاحظ أيضاً أن أصداف البحر تتفتت ثم تتحول إلى رمال ناعمة أسرع من تحول حبات الحصى . ولهذه الأسباب كلها لا تستطيع أن تحدد تماماً كم من الزمن تستغرق الأمواج فى عملية تحويل ذرات الحصى فوق الساحل إلى رمال ناعمة ملساء ، وعلى أية حال فيمكنك أن تكون حذراً فى تقديرك وتقول إنه بصفة تقريبية لا يقل عن خمسين ألف سنة .

أمواج على الساحل الصخرى :

ليس تحويل حبات الصخور إلى رمال هو كل ما تقوم به الأمواج ، فهى تواصل اصطدامها بالسواحل الصخرية العالية حتى تحفر فجوات على طول خط الماء ، وهذا يجعل الصخر فوق سطح الماء بارزاً كأنه موضوع فوق رف ، وتستمر الأمواج فى نحت الصخر الذى تحتها حتى يأتى وقت فى النهاية تصبح فيه تلك الصخور البارزة على هيئة الرف قائمة على غير أساس ، فتتهاوى وتتداعى وقد كونت كومة من الصخور على الساحل . ولكن الساحل الصخرى لا يبقى على هذه الحال دائماً ،



ذلك لأن اصطدام الأمواج بالصخور اصطداماً دائباً ، يعمل تدريجياً على تكسير الكتل الصخرية الكبيرة وتحويلها إلى قطع صغيرة من الصخور ، ثم إلى حبات صخرية ، وأخيراً إلى رمال .

الساحل دائب التغير :

الكتل الصخرية العالية تتهاوى ، والأجزاء الحادة المدببة تقتطع ، والحصى والأصداف البحرية تدفعها الأمواج عاليا وتحولها إلى ذرات من الرمل الناعم ، تختلط بالصخور الصغيرة التي انفصلت من كتلها الكبيرة . وفي الوقت نفسه تأتي الأنهار وتصب في المحيط ما تحمله من رمال وتربة . وتستمر الأنهار آناء الليل وأطراف النهار في صب حمولتها في المحيط ، فتعمل على إنشاء الدلتا وردم الخلجان والمواني . . . وهكذا



يتغير الساحل تدريجياً بتأثير الأنهار التى تصب فى البحار والمحيطات ، كما يتغير بتأثير هذه البحار وتلك المحيطات أيضاً .

فالأنهار والمحيطات تتعاون فى العمل الدائم سنة بعد سنة ، وجيلا بعد جيل،على تغيير السواحل الصخرية الصلدة الخشنة فتحولها إلى سواحل ناعمة مستقيمة .

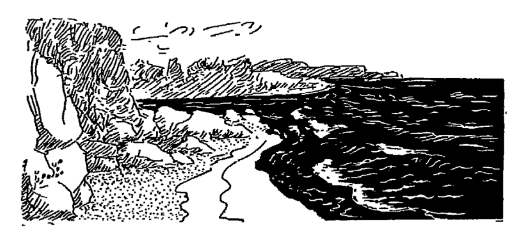
ما أهمية ذلك ؟

ما وجه الاهتمام فى أن يكون الساحل مستقيما أو متعرجاً ؟

إن لهذه المسألة أهمية كبيرة عند سكان السواحل أنفسهم ، فحيث يكون الساحل متعرجاً به تجاويف ، توجد الموانى الآمنة الصالحة لرسو السفن . وهذه الموانى صالحة إذا كان عمقها كافياً يسمح للسفن الكبيرة أن تدخل إليها ، وآمنة لأن الأرض المنحنية على الجانبين تحمى السفن

من تأثير الرياح الشديدة . . . فإذا كان الساحل مستوياً مستقيما كانت الخلجان فيه قليلة ، وكان قاع البحر ضحلا بدرجة لا تسمح للسفن الكبيرة بالاقتراب من الساحل ، وكذلك لا تكون السفن فى مأمن من العواصف . والميناء الصالح معناه أن سفناً كثيرة تأتى إليه محملة بالبضائع ، فتنشأ فيه حركة دائمة ، ويتصل بغيره من البلاد الأخرى أخذاً وعطاء .

إذن ، تحدث تغيرات مستمرة على طول السواحل ، حيث يلتقى اليابس بالماء ، فالأمواج تضرب الشواطئ بقوة دائمة مستمرة ، وكل موجة منها تحدث تغييراً فى العالم



الجزء الثانى
ملء البحار





المحيط

يبدو أن كل شيء يتجه فى طريق واحد صوب المحيط . فالأنهار تصب فى المحيط . والجبال تنحتها الأنهار وتنقلها رويداً رويداً إلى المحيط . والتربة والأملاح المعدنية أيضاً مصيرها إلى المحيط ، كذلك نجد أن الأمواج تعمل على نحت اليابس عند السواحل . وجرف الأجزاء التى تنحتها وقذفها فى المحيط .

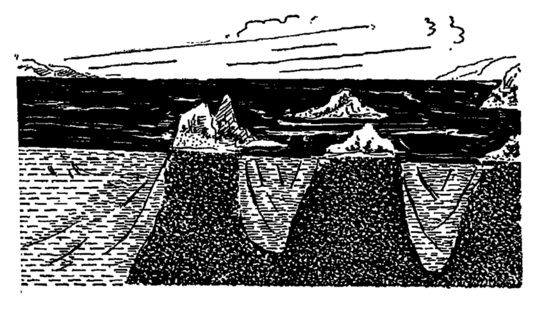
حسن إذن ! هل هذا المحيط حفرة عميقة لا قرار لها ، تبتلع دائماً ما يصب فيها من يابس ؟ ما عمقها ؟ وما اتساعها ؟ وأين تنتهى ؟





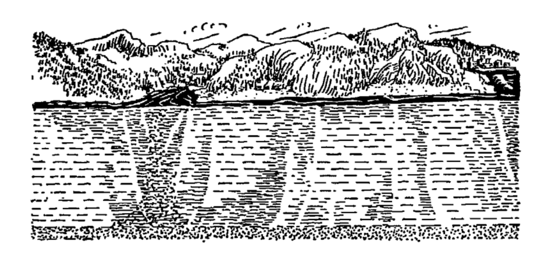
نظرة إلى المحيط :

لعلك لم تر من المحيط إلا سطحه ، أما إذا كنت تجيد السباحة ، فإنك فى هذه الحالة تستطيع أن ترى منه بضعة أقدام تحت سطح الماء . . ولكن المحيط — بطبيعة الحال — أعمق من ذلك بكثير ، إذ يزيد عمقه فى معظم أجزائه على ميلين . . وهذا غور بعيد ، وعمق كبير بالنسبة إليك لو أنك حاولت النزول إلى القاع ، غير أن قاع المحيط نفسه ليس



سوى حفرة ضحلة بالنسبة إلى تلك الكرة الأرضية الضخمة . وليست

هذه الحفرة سهلا مستويا ولذلك توجد تحت سطح الماء تلال وأودية . ويصل عمق بعض هذه الأودية إلى سبعة أميال تحت سطح الماء ، كما يبلغ ارتفاع بعض التلال حداً يرتفع به عن سطح الماء . وتتكون الجزر فى عرض المحيط من الأجزاء التى تصل فيها قمم تلك الجبال فوق سطح الماء فتراها ظاهرة للعيان .



عرفنا أن للمحيط سطحاً وقاعاً ، ولكن أين ينتهى ؟ هل ينتهى عند سواحل أوربا أو آسيا أو عند القطب الشمالى ؟ أين ينتهى تماماً ؟ .

وفى أى اتجاه تسير وتبحر إذا أردت أن تصل إلى نهايته ؟

إنك لا تستطيع أن تصل إلى نهاية المحيط أبداً لأنه ليست له نهاية . إنه محيط واحد عظيم يمتد حول العالم فى كل اتجاه . وبما أن المحيط يمتد حول العالم ، فإنك تستطيع أن تتجه إلى أى ميناء . ولا عبرة إذن بالطريق الذى تسلكه ، أو بالأرض التى ترسو عليها ؛ ما دام فى استطاعتك أن تبحر حول هذا الجزء من اليابس متجهاً نحو مكان آخر فى العالم .

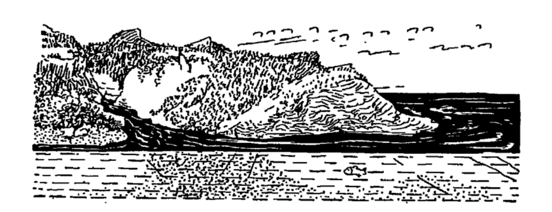
وعلى الرغم من تلك الأسماء المختلفة التى نطلقها على أجزاء هذا المحيط الواحد ، ألا وهى : المحيط الأطلسى ، والمحيط الهادى ، والمحيط المتجمد ، إن هذه لا تعدو أن تكون أسماء أطلقها الناس هنا وهناك على الجزء الذى يعرفونه من المحيط . . أما المحيط الكبير فإنه يغطى معظم بقاع العالم . إن آسيا وإفريقية ، وأمريكا الشمالية وغيرها من المساحات الأرضية الشاسعة التى نسميها قارات ، تعتبر فى الحقيقة جزراً كبيرة فى هذا المحيط الواحد العظيم .



والمحيط — كغيره من الأشياء — دائب التغير . فنحن نراه هادئاً أحياناً ، بينما نرى أمواجه — فى أحيان أخرى — عالية ثائرة ، وقد أخذت تتدافع إلى الشاطئ فى قوة وعنف . وقد درست أحد التغيرات التى تطرأ على المحيط ، وعرفت كيف تزداد درجة ملوحة المحيط تدريجياً وببطء ، كما تزداد نسبة الأملاح المعدنية فيه بسبب ما تحمله الأنهار التى تصب فيه من أملاح ومواد ذائبة .

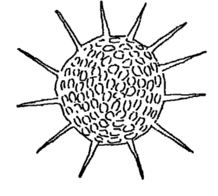
وهناك نوع آخر من التغيرات يحدث باستمرار فى قاع المحيط . فهذا القاع يردم تدريجياً يوماً بعد يوم نتيجة لما يترسب فيه بانتظام من مواد دقيقة تصل باستمرار إلى هذا القاع فى كل لحظة من لحظات الليل والنهار ، وتتراكم هذه المواد فى شكل طبقات واحدة فوق أخرى . فما نوع هذه المواد التى تترسب باستمرار ؟

إنها مواد مختلفة الأنواع ، فبينما ترسب الأنهار معظم ما تحمله من مواد رملية أو طينية حينما تصل إلى المحيط ، تبقى بعض هذه المواد الخفيفة طافية فوق سطح الماء ، فتحملها المياه أميالا إلى البحر حيث تترسب ببطء تدريجياً وعلى الدوام .



أما ذلك الفيض الدائم من المواد الدقيقة التى تترسب بانتظام فى قاع المحيط ، فإنه يتكون غالباً من هياكل أجسام حية ! فهناك على طول ساحل المحيط كائنات حية نباتية وحيوانية دقيقة الحجم بدرجة أن اللتر الواحد من ماء البحر يحوى منها الملايين . وهذه الكائنات الدقيقة من نبات وحيوان ذات أشكال متنوعة وأحجام مختلفة ، ولكنها جميعاً تتشابه فى شىء واحد ، إذ أن لها جميعاً هياكل صغيرة صلبة . وتعيش هذه الكائنات فوق سطح المحيط ، ولكنها حين تموت تتحلل أجسامها الناعمة وتترسب هياكلها الصلبة ببطء فى قاع البحر .

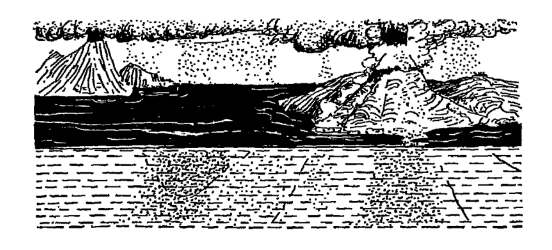
وعلى الرغم من أن هذه الهياكل دقيقة ، إلا أنها تترسب فى قاع المحيط بكميات ضخمة هائلة ، إذ يترسب منها ملايين كل يوم ، فوق كل قدم مربعة من قاع المحيط . هذا فضلا عن هياكل أخرى ترسب أيضاً فى القاع ، وهذه هى هياكل الأسماك ، وغيرها من الحيوانات البحرية، ماتت أو أكلت . ولقد استمرت هذه الكائنات الحية تقوم بعملية الترسيب هذه ملايين السنين لدرجة أنها كونت فى بعض البقاع من قاع المحيط


هنا تبدو لك هياكل هذه الحيوانات الدقيقة أكبر من حجمها الطبيعى بآلاف المرات

طبقات يزيد سمكها على عشرة آلاف قدم .

وهناك عامل آخر يعمل على ردم قاع المحيط ، ألا وهو رماد البراكين ، إذ يوجد منها عدد يبلغ حوالى ٤٠٠ بركان تنتشر فى جميع أنحاء العالم . وهى تثور بين الحين والحين ، فتخرج منها سحب كثيفة من الرماد الناعم ترتفع فى الجو . ومعظم هذه البراكين يقع بالقرب من المحيط ، ومن ثم يسقط معظم الرماد الناعم المتصاعد من فوهة البركان فى الماء ويتجه نحو القاع فى تيار هادئ مستمر .



وتستمر عملية بناء هذه الأكوام نتيجة لذلك الترسيب المنتظم ، كما تترسب باستمرار هياكل الحيوانات المائية بأحجامها المختلفة — سواء أكانت كبيرة أم صغيرة أم دقيقة — كما تنفث براكين العالم مقادير عظيمة من سحب الرماد الناعم . أما الأنهار فإنها تصب دفعات هائلة من الرمل والتربة فى كل ثانية من الزمن . وهكذا نجد قاع المحيط وقد أخذ يمتلىء بهذه الرواسب تدريجياً .

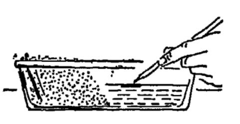
عندما يردم قاع المحيط :

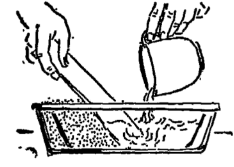
حسن ! ولكن ماذا يحدث عندما يأخذ قاع المحيط فى الأرتفاع ؟ هل يفيض على الجوانب فيغمر السواحل والشواطئ ؟ وهل سيكون لهذا أثر على الناس الذين لا يعيشون قرب الشواطئ ؟ إليك تجربة توضح لك ما يمكن أن يحدث لو استمر ردم قاع المحيط .

تجربة : الأدوات اللازمة :

إناء مسطح من أوانى الطهى ، مقدار من الرمل يكفى لملء هذا الإناء إلى نصفه . فنجان ، قطعة من الورق وبعض الماء .

العمل : كوم الرمل فى جانب من الإناء بحيث يكون منحدراً كما ترى فى الشكل . ضع قطعة الورق ملاصقة للرمل ، ثم صب الماء ببطء حتى يمتلىء به نصف الوعاء ، (ستحول قطعة الورق دون اختلاط الرمل بالماء) ، ثم اسحب الورقة بعناية واهتمام . ارسم بقلمك الرصاص خطاً فوق جدار الإناء يبين مستوى الماء فيه .

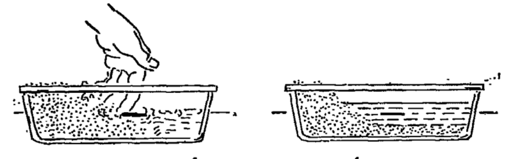




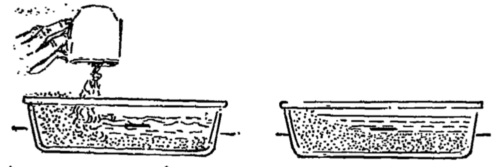
تستطيع الآن أن تمثل نوعاً من التغيرات التى تحدث تماماً فى بعض بقاع العالم . . فالرمل الذى فى الوعاء يمثل اليابس ، والماء يمثل المحيط . . والآن ابدأ بعمل بعض الأمواج فى مياه « المحيط » بوساطة راحة يدك . .

لاحظ أن الرمل الذى على الشاطئ سينزلق فى الماء ثم ينغمر فيه .

ويحدث نفس الشيء على سواحل العالم ، فالأمواج تسبب تآكل اليابس، وتجرف أجزاء منها إلى الماء . . وهكذا تنغمر هذه الأرض وترسب إلى القاع فتنضم إلى غيرها من الرواسب الأخرى . كما حدث فى التجربة عندما انزلق الرمل إلى قاع الإناء .



وإليك تجربة أخرى تستخدم فيها الأدوات السابقة وتجريها فى إناء الطهى ، لتبين لك مدى ما تفعله الأنهار .

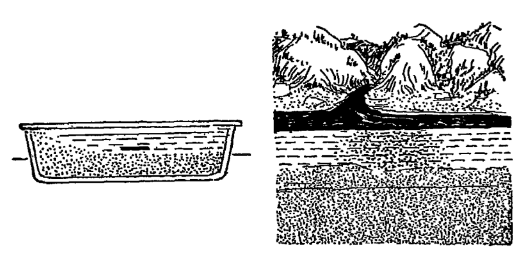


العمل : املأ الفنجان بالماء من « المحيط » أى من الإناء نفسه ، ثم صبه على أعلى بقعة من بقاع اليابس .

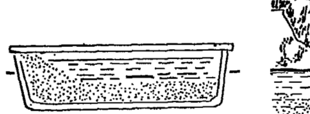
ستجد أن الرمل يبدأ فى الانحدار مع الماء ، وحينئذ يرسب إلى القاع. إستمر فى التجربة بأن تصب عدداً قليلا آخر من الفناجين الملآى بالماء . . . ثم انظر إلى علامة مستوى الماء التى سجلتها فى أول التجربة .

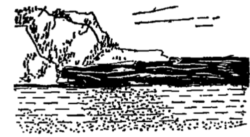
ستجد أن مستوى الماء فى الوعاء قد ارتفع عما كان فى بدء التجربة ، على الرغم من أن حجم الماء ثابت منذ البداية ، والذى حدث هو أن منسوبه قد ارتفع قليلا .

وهذا هو ما يحدث تماماً حينما تتراكم الرواسب فى قاع المحيط فتردمه . وهنا يأخذ مستوى الماء فى المحيط فى الارتفاع على الرغم من أن كمية الماء تبقى ثابتة تقريباً .

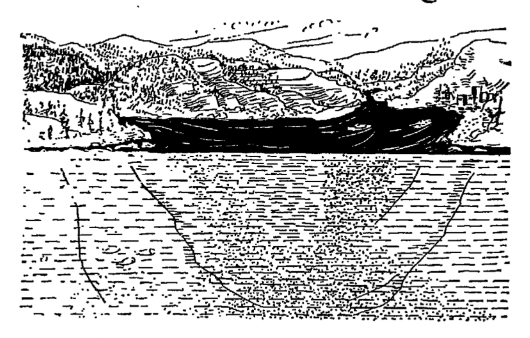


والآن انظر إلى اليابس (فى التجربة) ! ستجد أنه أقل انحداراً عما كان عند البدء فى التجربة ؛ بل إن الجزء الذى كان بارزاً من الأرض فوق مستوى الماء أصبح أقل بكثير مما كان ، على الرغم من أن كمية الرمل ثابتة كما كانت فى أول التجربة ، وذلك لأن معظمه أصبح تحت سطح الماء .





ونخلص من هذه التجربة إلى القول بأن ما حدث فى تجربة الوعاء هو تماماً ما يحدث حقيقة فى العالم . فالأنهار تعمل على إزالة المرتفعات من فوق سطح الأرض ، وتحملها معها فى طريقها إلى المصب .



تستمر الأنهار تنحت التربة وتنقلها معها إلى المحيط دائماً

وتصطدم أمواج المحيط بالشواطئ على الدوام ، فتسبب تآكل جزء من اليابس تحمله الأمواج معها إلى المحيط حيث يترسب فى القاع . أما قاع المحيط فإنه يردم بهذه المواد التى تتراكم فيه إلى جانب رماد البراكين وهياكل الحيوانات المائية . واستمرار هذا الترسيب يسبب ارتفاع مستوى الماء فيغمر اليابس فى مناطق أخرى ؛ وبذلك تنقص مساحة اليابس وتزيد مساحة الماء .

هل سيغرق العالم ؟

ماذا يحدث لو استمرت هذه العملية سنة بعد أخرى ؟ هل تأخذ مساحة الماء فى الازدياد حتى يطغى المحيط على اليابس ، ولا يبقى حينذاك إلا بعض القمم العالية القليلة التى تكون أشبه شىء بالجزر الصغيرة المبعثرة هنا وهناك ؟ وهل يأتى على الناس حين من الدهر يتنازع فيه سكان العالم تلك المساحات الضئيلة المتخلفة من اليابس دون أن يغمرها الماء ؟

لا داعى إلى القلق ، ذلك لأن عملية تآكل اليابس عملية بطيئة جداً . وقد يستغرق تآكل اليابس وطغيان المحيط ملايين السنين . هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى يلاحظ أن هناك عملية أخرى على نقيض هذه تماماً ، تحدث فى نفس الوقت الذى يحدث فيه تآكل الأرض بفعل الأنهار والمحيطات . هذه العملية الأخيرة هى عملية نمو اليابس وبنائه .

الجزء الثالث
نمو الأرض وبناؤها





المحيطات فوق قمم الجبال

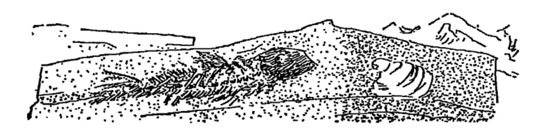
ما الذى يعمل على تكوين اليابس ويحفظ العالم من الغرق ؟ ولكى نجيب عن هذا السؤال لابد أن نقوم برحلة كشفية بعيداً عن المحيط ؟ ولتكن هذه الرحلة إلى قمة أحد الجبال العالية .

ستحتاج فى هذه الرحلة إلى مطرقة وأزميل ، ومنظار مكبر ودليل يرشدنا إلى الطريق . ويجب أن يكون هذا الدليل مختصاً فى الجيولوجيا ، أى عالماً بتاريخ تكوين الأرض . وحينما نصل إلى قمة الجبل نبدأ بفحص الصخور . . لن نجد فى أول الأمر شيئاً غريباً فى هذه الصخور سوى



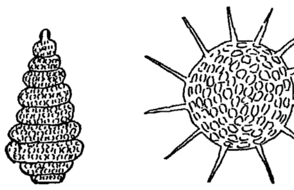
أنها تبدو مرتبة فى شكل حزم، الواحدة فوق الأخرى، كأنها كعكة ذات طبقات مختلفة .

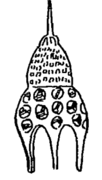
وهذه الصخور أقل تماسكاً من الصخور الأخرى نسبياً ، ولذلك يسهل علينا أن نفصلها بوساطة المطرقة والأزميل ، ولو أننا صبرنا على هذه العملية بعض الوقت، ثم فحصنا الصخور لوصلنا إلى أجسام غريبة لا تنمو أبداً على قمم الجبال ، إذ ربما نجد بين طيات هذه الطبقات الصخرية أصداف البحر وقواقع الحيوانات المائية ، بل قد تعثر على الأعشاب البحرية مطبوعة فى الصخر . وإذا أسعدنا الحظ عثرنا فى الصخر على هيكل سمكة من الأسماك .



وقد يخطر ببالك أن رحالة قدم إلى هذا المكان ، وترك فيه بقايا طعام من السمك . . . ولكن العالم الجيولوجى سوف يبين لنا شيئاً آخر .

ذلك أن الميكروسكوب يبين أن تراب الصخور يحتوى على ذرات من الرمال وغيرها من المواد الأخرى المشابهة لها . وبالإضافة إلى كل هذا نجد مواد مشابهة للأجسام التى فى الصورة التالية .





وهذه هى هياكل بعض الكائنات الحيوانية والنباتية الدقيقة الّتى لا تعيش إلا فى المحيط ، ولا يمكن أن تعيش أبداً فوق سطح الأرض . ورغم ذلك توجد ملايين من هياكلها فى حجم « كشتبان » من صخر مفتت فوق قمة جبل يبعد مئات الأميال عن أقرب محيط ، فكيف وصلت إذن إلى هذا المكان ؟

هذا هو اللغز :

كيف وصلت تلك القواقع البحرية والأصداف وهياكل الأسماك وذرات الرمال إلى قمم الجبال ؟ لو استمر بحثنا على قمة الجبل لعثرنا على بعض الأدلة ، فنرى مثلا أن بعض الصخور حين تتكسر وتنفصل أجزاؤها تحمل علامات متموجة تشبه تماماً تلك التجعدات الّتى نشاهدها فى قاع أحد الشواطئ الطينية أو المدرجات الطينية الّتى نراها فى حالة الجزر .





يبدو واضحاً أن كل هذه المواد كانت فى يوم من الأيام تحت سطح الماء . ولكن كيف تيسر لتلك الطبقة الطينية المتموجة فى قاع البحر أن تتحول إلى طبقة من الصخور المتموجة فوق قمة الجبل ؟

والإجابة عن هذا السؤال لم تكن من السهولة بمكان ، فقد شغلت هذه الدراسة عدداً كبيراً من العلماء فى جميع أنحاء العالم سنوات عديدة ، حتى وصلوا إلى إجابة معقولة ، وهذا الجبل جبل عادى لا يختلف فى شىء عن غيره من الجبال . فقد عثر الجيولوجيون على مثل هذه الرواسب البحرية على جبال أخرى منتشرة فى مختلف أنحاء العالم . ولقد حاولوا جاهدين أن يعرفوا السبب فى وجود تلك الرواسب فى هذه البقاع .

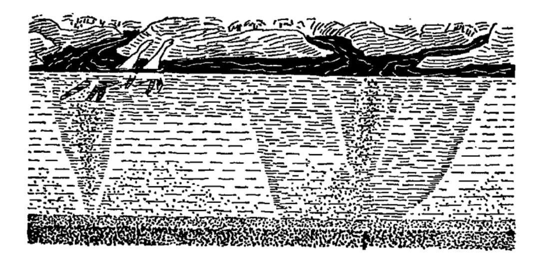
ولا يستطيع أحد بطبيعة الحال أن يقطع برأى فى أمر لم يشاهده بنفسه أثناء حدوثه ، ولكن الجيولوجيين يؤكدون — بما لديهم من أدلة محسوسة ، ومن الآثار التى وجدوها نتيجة لآلاف الرحلات الكشفية التى قاموا بها — أنهم يعلمون تماماً كيف تكونت قمم الجبال منذ عهد بعيد فى قاع المحيط ، ثم كيف ظهرت بعد ذلك وبرزت حيث هى الآن ، وهذا هو ما يعتقدون أنه قد حدث .

حل اللغز :

فمنذ ملايين السنين فى هذا المكان الجبلى لم يكن جبال على الإطلاق ، فقد كان هناك مثلا بحر عظيم يغطى جزءاً كبيراً من مساحة الولايات المتحدة الأمريكية ، وكانت الأنهار تصب فى ذلك البحر من المرتفعات حاملة معها الرمل والطمى الذى أخذ يترسب فى القاع . . وحينما كان التيار سريعاً أثار الطمى وجعله فى شكل مدرجات ، وكانت تعيش فى هذا البحر أسماك وغير ذلك من الحيوانات المائية الأخرى ، كما كانت تعيش فيه نباتات بحرية مختلفة الأنواع والأحجام . . . وعندما ماتت هذه الكائنات غرقت إلى قاع البحر ، وغطاها الرمل والطمى اللذان ترسبا فوقها .

المواد الرسوبية :

وكل هذه المواد التى هبطت واستقرت فى القاع تسمى المواد المترسبة ، وهكذا استمر الحال سنة بعد سنة لمدة ملايين السنين ، أخذ فيها القاع يمتلىء بالرمال والطمى وبقايا الكائنات البحرية النباتية والحيوانية . وأصبح قاع المحيط بعد مئات السنين مملوءاً برواسب يبلغ سمكها آلاف الأقدام .



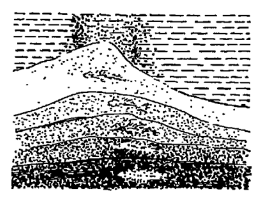
يعلو قاع المحيط بسبب ما يترسب فوقه من مواد رسوبية

ومع ذلك لم تكن عملية الترسيب هذه تسير بمعدل واحد منتظم . ففى سنوات عديدة كانت هناك فترات يسقط فيها المطر الغزير بانتظام ، وحينذاك كانت الأنهار تحمل معها إلى المصب كميات عظيمة من تلك المواد الرسوبية ، وبذلك تتجمع طبقات سميكة فى قاع المحيط ؛ أما فى الأوقات التى كان يسقط فيها مطر قليل ، فكانت الأنهار تأتى محملة بمقدار قليل من المواد الرسوبية . . وبذلك كانت تتكون فى قاع المحيط طبقات رقيقة من المواد الرسوبية ، واحدة فوق أخرى . وبينما كانت هذه

المواد الرسوبية آخذة فى الارتفاع ، كانت تحدث لهذه المواد ظاهرة أخرى .

المواد الرسوبية تحت الضغط :

والذى كان يحدث هو أن هذه الطبقات كانت تقع تحت ضغط بطئ ثابت فى مدى ملايين السنين بسبب ثقل الماء وثقل الطبقات الأخرى التى تترسب فوقها ، ولذلك كانت الطبقات السفلى من تلك المواد الرسوبية تتحمل أكبر قسط من هذا الضغط . وإذا كان قد سبق لك أن كونت كرات من الثلج أو الرمال بوساطة ضغط الثلج أو الرمال ضغطاً كبيراً ، فإنك تستطيع حينئذ أن تكوّن فكرة عن أثر الضغط وعمله . فقد كان هذا الضغط سبباً من الأسباب التى تماسك بها الطمى والرمال ثم تصلب فى قاع المحيط .



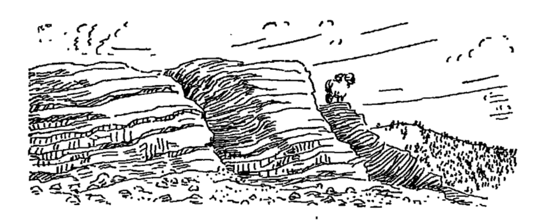


وقد ساعد على هذا التماسك وجود بعض الأملاح المعدنية المذابة التى صبتها مياه الأنهار فى المحيط . إن أنواعاً كثيرة من التربة تحتوى على مواد معدنية تقوم بوظيفة الأسمنت ، فالجبس الذى تطلى به الجدران ، يتكون من مسحوق معدنى جاف يوجد فى الأرض . ويتحول هذا المسحوق

إلى مادة ملساء ناعمة ثابتة حينما تطلى به الجدران . والصلصال نوع آخر من التربة ، إذا جف تحول إلى مادة صلبة كالحجارة لدرجة أنه يصلح لصناعة أوانى الطهى والأطباق . وحتى إذا استعمل هذا الصلصال فى صنع القلل أو الأزيار أو أوانى الشرب فإنه لا يلين ولا يذوب فى الماء . والأسمنت نفسه ليس إلا مسحوقاً ناعماً ليناً حينما تحصل عليه فى غرارة (شيكارة) ، ولكنه عندما يخلط بالرمل والماء والزلط يتحول إلى مادة صلبة قوية هى الأسمنت المسلح الذى يستعمل فى رصف الطرق ، وبناء القناطر ، وتشييد المنازل .

وبنفس الطريقة نجد أن المواد المعدنية المذابة التى تقذف بها مياه الأنهار فى المحيط قد ساعدت على تحول المواد الرسوبية ، فكانت تقوم بعمل الأسمنت . وباستمرار هذا العمل المشترك ملايين السنين تعاونت المواد المعدنية الشبيهة بالأسمنت مع ضغط الطبقات الرسوبية والرمل والقواقع وهياكل الحيوانات والطمى ، على تصلب كل هذه الرواسب وتحولها إلى طبقات من الصخر .

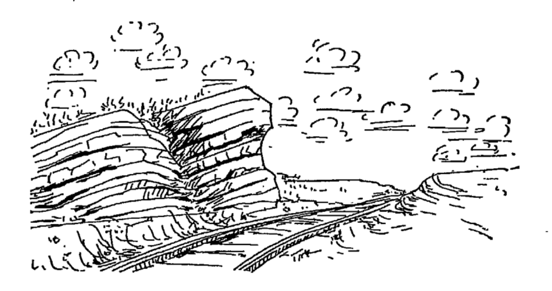
وبما أن هذه الطبقات الصخرية قد نشأت أصلا من مواد رسوبية ، فقد أطلق عليها اسم . . « الصخور الرسوبية » .



الصخور الرسوبية :

ليس من الضرورى أن تذهب إلى الجبال كى تشاهد الصخور الرسوبية التى كانت فى يوم من الأيام فى قاع المحيط ، فحيثما كنت تستطيع قطعاً أن تجد بعض هذه الصخور ، فالطرق الحديدية والطرق البرية غالباً ما تمد وتعبد فى قلب الأراضى المنحدرة حتى تصبح أرضاً مستوية على قدر الإمكان . فى مثل هذه الأماكن يمكنك أن تعثر على الصخور الرسوبية مرتبة فى طبقات . . . أما فى الأراضى الواطئة المستوية فيمكنك أن تعثر على طبقات محفورة بالقرب من ضفاف الأنهار ، أو حيث تقام المبانى الجديدة فيحفر أساسها فى قلب الأرض ، ويمكنك إذن أن ترى طبقات الصخور بوضوح .

فإذا رأيت الصخور وقد انتظمت فى طبقات مدرجة ، فاعلم أنها صخور رسوبية ، وأن المكان الذى تقف عليه من هذا اليابس كان فى يوم من الأيام فى قاع المحيط .



استخدام قاع البحر :

حينما تخرج للنزهة ، أو تقوم برحلة ، انظر وابحث عن كتل الصخور وطبقاتها . فهى تحكى لك قصة حياتها الطويلة فى قاع المحيط والبحر ، كما تحكى لك عن رحلتها من ذلك القاع حتى ارتفعت إلى هذا المكان . فنحن نرى حولنا فى كل يوم أشياء ، ونستخدم مواد كشف الجيولوجيون أنها كانت فى يوم من الأيام فى قاع البحر . . وتستطيع أنت أن تعثر على كثير من هذه المواد .

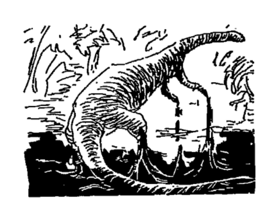
فإذا كنت تقرأ هذا الكتاب مثلا فى فصلك بالمدرسة ، فلاشك أنك ترى أمامك قطعة كبيرة من صخور قاع المحيط تواجه نظرك تماماً — هى السبورة . . ذلك لأن عدداً كبيراً من السبورات يصنع من الإردواز ، وهو حجر رسوبى تكون منذ ملايين السنين فى قاع البحيرات والمحيطات .

والإردواز أصله صلصال مكون من جزئيات أدق وأصغر من جزئيات الرمل . وقد حملت مياه الأنهار جزئيات الصلصال هذه معها إلى المحيط حيث ترسبت فى القاع مع المواد الرسوبية الأخرى ، ثم انضغطت وتصلبت فتحولت إلى صخر رسوبى لين يسمى « الشست » . وبتزايد الضغط تحول الشست اللين إلى إردواز صلب .

وقياساً على ذلك تستطيع أن تقول إن الطمى الذى قد تثيره وأنت تعوم فى أحد الجداول قد يصبح سبورة نحتت من جبل لكى تستخدم فى أحد فصول الدراسة بعد مليون سنة مثلا .

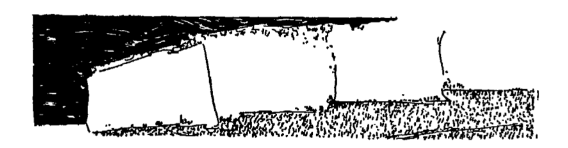
وقطعة الطباشير التى تكتب بها على السبورة هى أيضاً مادة رسوبية ، فيصنع هذا الطباشير بوساطة اقتطاعه من أحد الجبال الطباشيرية ،





كان الطباشير الذى نكتب به اليوم قاعاً للمحيط فى قديم الأزل

وهذا هو ما يحدث فى دوفر بإنجلترا حيث يصنع الطباشير من الصخور الطباشيرية هناك ، وتتكون تلك الصخور الطباشيرية من بلايين من هياكل الحيوانات البحرية الدقيقة تماسكت تمام التماسك .

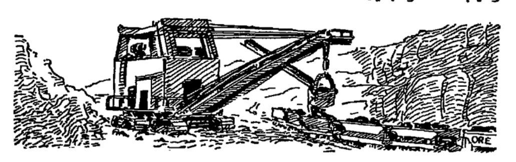


استخدام الصخور الرسوبية فى المبانى :

ولا تستخدم الصخور الرسوبية فى عمل الطباشير والسبورات فحسب، بل إنها تستعمل أيضاً فى تشييد المبانى الضخمة . وهذه الصخور كما علمت تتكون من طبقات من الرمل والطمى وهياكل الحيوانات .

فالجدار الخارجى مثلا لمكتب البريد ، أو لدار الكتب قد يبنى من الحجر الرملى . وعلى الرغم من أن هذا الحجر يقتطع من سفوح

الجبل إلا أنه يحتوى غالباً على أصداف بحرية وهياكل حيوانات تعيش فى الماء .
وقد تشيد الجدران من الحجر الجيرى ، وهو نوع آخر من الأحجار التى تقطع من الجبال . ومع ذلك فإن هذا الحجر نفسه قد تكون بنفس الطريقة التى تكون بها الطباشير ، أى من الأصداف البحرية ، ومن هياكل الحيوانات التى تعيش فى الماء ، وإن كانت هذه الهياكل البحرية وتلك الأصداف التى تدخل فى تكوين الحجر الجيرى ، أصلب عوداً وأثقل وزناً من تلك المواد التى تدخل فى تركيب الطباشير .
ويمكنك أن ترى بوضوح فى مبانى ولاية تكساس ، بل وفى غيرها من الأماكن الأخرى ، هياكل حيوانات بحرية ، وأصدافاً داخلة فى تركيب الحجر الجيرى .



الحديد :

إن الحديد الذى يدخل فى تركيب كثير من الأشياء التى تراها حولك يأتينا أيضاً من قاع المحيط . فأنت تعلم أن مياه الأنهار تحمل مواد معدنية مذابة . والحديد الذى نستعمله اليوم — كان فى يوم من الأيام جزءاً من الصخور والتربة أذابته مياه الأنهار ، وحملته معها إلى مصباتها حيث ترسب فى قاع المحيط . وهذا الحديد بعد أن انقضى عليه عدة أجيال نستخرجه اليوم من المناجم التى تقع على ارتفاع كبير فوق سطح البحر .

ونحن نحصل على الحديد بطريقة غريبة أخرى ، أشد غرابة من سابقتها . فهناك نوع من البكتريا المائية الدقيقة تفرز لنا هذا الحديد . وهذا النوع من البكتريا يتذوق الطعام بطريقة خاصة ، إذ يمتص الحديد الذائب فى الماء غذاء له ثم يخرجه بعد الهضم والامتصاص حديداً صافياً نقياً . وهذه مسألة يصعب تصديقها ، ولكنها حقيقة لا شك فيها . فهى فصل آخر من فصول تلك الرواية العجيبة التى تحكى قصة الأرض ، وما طرأ عليها من تغيرات .

فالحديد قد جاء أصلا من الصخور ، ثم حمله الماء إلى المحيط ، ثم اتخذته البكتريا غذاء لها ، وأخرجته بعد ذلك فضلات ترسبت فكونت مرة أخرى حديداً فوق طبقة صخرية فى قاع المحيط ؛ وبعد أجيال يستخرجها الناس من المناجم ويستخدمونها فى مختلف الشئون .

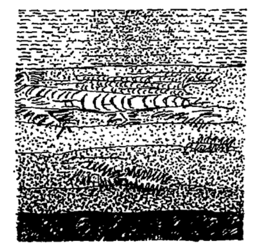
الوقود :

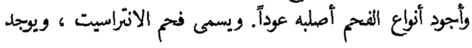
إن الفحم وزيت البترول أو الغاز — وهى المواد التى تستخدم فى تدفئة المبانى — تستخرج أيضاً من قاع البحر . وقد تكوّن كل منها بطريقة خاصة .

فالفحم قد تكوّن من النباتات التى تنمو فى المستنقعات منذ ملايين السنين . فهذه النباتات نمت ثم ماتت وغارت فى تلك المستنقعات، ثم نمت فوقها نباتات أخرى غيرها مرة ومرات ، سنة بعد أخرى . وبعد زمن طويل ، تكونت طبقة سميكة قوامها هذه المادة النباتية المتعفنة ، ثم هبط المستنقع ، كما هبطت الأرض المحيطة به هبوطاً بطيئاً حتى غمرتها المياه فى النهاية . وحدث بعد ذلك أن تجمعت فوق هذه الطبقة النباتية طبقات

من المواد الرسوبية التى تحولت بالتدريج إلى صخور رسوبية . أما المادة النباتية فقد تحولت إلى فحم بتأثير ضغط ما فوقها من طبقات الصخر والماء . وبذلك أصبحت طبقات المواد النباتية المتعفنة مستودعات للفحم . واليوم يحفر الناس الأرض ويستخرجون الفحم من هذه المناجم التى كانت يوماً من الأيام قاعاً للبحر ، والتى أصبحت اليوم جزءاً من اليابس .







والفحم الذى نستخدمه الآن كان نباتاً فى مستنقعات فى غابر الأزمان

وفى المواقد والأفران يحترق الفحم فتنبعث منه تلك الحرارة التى اختزنت فيه عندما كانت الشمس تسطع فوق النباتات منذ ملايين السنين .

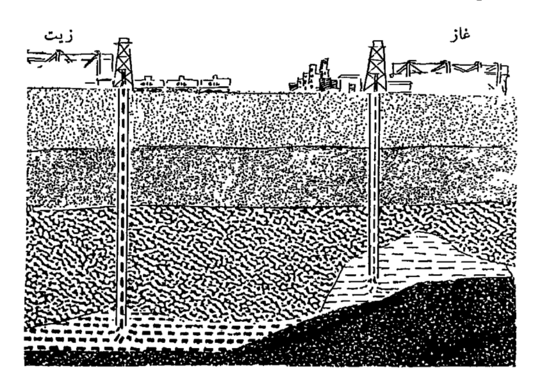
وأجود أنواع الفحم أصلبه عوداً. ويسمى فحم الانثراسيت ، ويوجد



فى الأماكن التى تحملت فيها المواد النباتية أكبر قسط من الضغط ، بينما تكون الفحم اللين الناعم تحت ضغط أقل .

وقد تكون زيت البترول أيضاً فى البحار القديمة منذ أمد طويل ، وإن كانت الطريقة التى تكون بها غير معروفة على وجه التحديد . ويعتقد العلماء أن زيت البترول قد تكون من أجسام الحيوانات البحرية ، وربما من النباتات أيضاً — وهى التى ماتت وهبطت إلى الرمال فى قاع البحر . وهناك غطتها طبقات من المواد الرسوبية التى تحولت فيما بعد إلى صخور رسوبية .

وقد تحولت بعض هذه المواد الميتة إلى زيت ، ثم تسرب هذا الزيت وتجمع فى الرمال المسامية ، نتيجة للضغط الذى وقع عليها من الصخور والمياه التى فوقها . واليوم وبعد ملايين السنين من بدء هذه العملية يستخرج زيت البترول بالمضخات من خلال فتحات حفرت خلال



طبقات الصخر . ثم ينظف من شوائبه فى معامل تكرير البترول ، ويحول إلى بنزين ، وزيت تشحيم ، وبارافين (بترول) ، وأسفلت وغير ذلك من المنتجات النافعة الأخرى .

ويتجمع الغاز كلما تكون زيت البترول ، ويكون تجمعه فى الفجوات الفارغة ، أو فى جيوب الصخر التى توجد فوق زيت البترول . وعندما تحفر آبار زيت البترول ، ينبعث الغاز فى أنابيب إلى المدن المجاورة لكى يستعمل كوقود للطهى ، أو لتدفئة المنازل . ويسمى هذا النوع من الغاز (الغاز الطبيعى) ، ذلك لأن هناك نوعاً آخر من الغاز يمكن الحصول عليه بتسخين الفحم أو زيت البترول .

على أن مصدر النوعين كليهما فى الحقيقة هو قاع البحر .

أنت وقاع البحر :

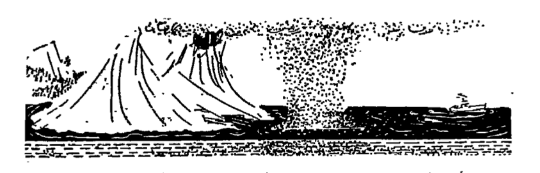
وأخيراً وليس آخراً ، فإنك أنت أيها القارئ جزء من تلك الرحلة السحرية العجيبة التى تبدأ من قاع البحر . ذلك لأن جزءاً من تركيبك كان فى يوم من الأيام جزءاً من المحيط . فعظامك وأسنانك مثلا ، مركبة أكثر ما تتركب من معدن يسمى الكلسيوم .

وعندما كان هذا الكلسيوم مترسباً فى قاع البحر ، كان هو المادة التى كونت بلايين عديدة من هياكل عظمية لكائنات حية صغيرة متناهية فى الصغر . وعلى مر القرون والأجيال ، ضغطت هذه الهياكل العظمية فتحولت إلى طباشير أو حجر جيرى . ثم ارتفع قاع البحر وأصبح أرضاً يابسة جافة ، يدخل فى تركيبها الطباشير والحجر الجيرى .وهذه الأحجار (الهشة اللينة) أخذت تذروها الرياح إلى أن أصبحت جزءاً من التربة .

وبعد أجيال بذر الزراع بعض الحبوب فى هذه التربة الجيرية المفتتة . وعندما تحولت هذه البذور إلى ثمار ناضجة أو نباتات يانعة امتصت جذورها بعض الكالسيوم من هذه التربة . وعندما أكلت أنت هذه النباتات أو تلك الثمار استخدم جسمك هذا الكلسيوم فى تكوين الأسنان والعظام . لقد قطع الكلسيوم شوطاً بعيداً منذ أن بدأ من قاع البحر حتى وصل إلى أسنانك، واستغرقت هذه العملية زمناً طويلا يبلغ ملايين السنين .

وليست العظام والأسنان وحدها هى التى تكونت من الصخور الرسوبية القديمة، فإن لون دمك الأحمر مصدره الحديد . وعندما يحمر وجهك خجلا ، فمعنى ذلك أن الحديد الرسوبى القديم يعلن عن وجوده فى وجنتيك ودمك يحتوى على كميات كبيرة من الحديد وصلت إليك من التربة بوساطة النباتات التى أكلتها ، أو عن طريق لحوم الحيوانات التى أكلت تلك النباتات . وهذا الحديد كان فى وقت من الأوقات مادة مترسبة فى قاع البحر .

والأملاح الأخرى الموجودة فى جسمك أصلها من البحر ؛ فالملح الذى تحتاج إليه وتنثره على طعامك تحصل عليه من مناجم الملح . وهذه المناجم كانت فى وقت من الأوقات بحاراً ضحلة قريبة الغور تبخر ماؤها فتخلف فيها الملح . ولكى تكون صحيحاً معافى تحتاج فوق ذلك إلى بعض المعادن الأخرى ، مثل اليود والفسفور والكبريت والنحاس والبوتاسيوم . ولا شك أن هذه المعادن كلها قد قامت بنفس الرحلة التى قام بها الملح ، واستغرقت فى رحلتها الطويلة ذلك الزمن الطويل منذ بدأت من قاع المحيط حتى وصلت إليك .



مرتفعات الأرض ومنخفضاتها

نجد فوق الجبال العالية أشياء كثيرة تكونت فى قاع البحر . نجد الفحم والرخام ، نجد الطباشير والحديد ، نجد الإردواز والملح ، وغير ذلك من الأشياء التى نستخدمها كل يوم . وقد قامت كل هذه الأشياء بهذه الرحلة الطويلة ، بدأتها من قاع المحيط حتى وصلت إلى ذلك الارتفاع الكبير فوق سطح البحر .

وكل الدلائل تؤكد هذه الحقيقة التى تتلخص فى أن قاع البحر قد تحرك أو ارتفع آلاف الأقدام فى كثير من بقاع العالم . ولكن كيف حدث أن تحرك إلى هناك ؟

لقد وضع علماء الجيولوجيا نظريتين للإجابة عن هذا اللغز الغريب الخاص بكيفية تحرك القشرة الأرضية .

إجابة التفاحة المطهوة فى الفرن :

لعلك رأيت تفاحة قبل أن تطهى ، ثم رأيتها بعد أن تم طهوها . إن التفاحة الطازجة ذات القشرة الناعمة المتماسكة تبدو وقد اعتراها تغير





كبير بعد وضعها لمدة ساعة أو نحوها فى الفرن ساخن . فبعد الطهو تصبح قشرتها مجعدة ذات نتواءت . وتنتشر الشقوق والثقوب فى أجزاء مختلفة من التفاحة وتخرج بعض أجزائها الداخلية إلى سطحها الخارجى .

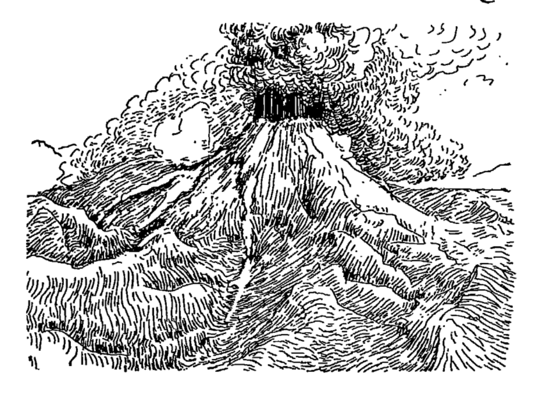
وتحتوى ثمرة التفاح على كمية كبيرة من الماء ؛ وهذا الماء يسخن أثناء الطهو فى الفرن وتتصاعد منه فقاعات تخرج من التفاحة ثم يتبخر . فإذا خرج الماء من التفاحة انكمشت وقل حجمها الداخلى وحينئذ تغور قشرة التفاحة وتتجعد .

وجوف الأرض حار أيضاً ، وهو بلا شك أشد حرارة بما لا يقاس بحرارة تفاحة مطهوة فى الفرن .

وكما تقذف التفاحة المطهوة الساخنة أجزاء من باطنها ومن عصيرها ، كذلك تقذف الأرض بعض ما فى باطنها من المواد المنصهرة والبخار . فكلما ثار بركان قذف أطناناً وأطناناً من الغازات والأبخرة الساخنة ، والصخور الذائبة فى أعماق الأرض وأغوارها البعيدة .

وهكذا ندرك بما لا يدع مجالا للشك أن باطن الأرض يصغر حجمه ، وذلك بسبب تلك المواد التى تقذف بها البراكين . وعندما يصغر حجم باطن الأرض تهبط القشرة الأرضية ، وتستقر لتملأ الأماكن الفارغة . وهى بذلك تتجعد وتتثنى تماماً كما فعلت قشرة التفاحة المطهوة فى الفرن . وفى قشرة الأرض المجعدة تكون الأماكن المرتفعة جبالا ، كما تكون

الأماكن المنخفضة أودية . أما أشد الأماكن انخفاضاً ، فإنها تصبح قيعاناً للبحار . وباستمرار هذه العملية من غليان وتسخين وتكوُّن الفقاعات فى جوف الأرض مع الحرارة والبرودة فى بقاع مختلفة ، تظهر تجعدات جديدة وتشققات هنا وهناك فى القشرة الأرضية . وبهذه الطريقة تهبط أراض مرتفعة فى الفجوات وتصبح قاعاً للمحيطات ، كما ينثنى قاع البحار ويرتفع إلى أعلى ليكوِّن جبالا جديدة .



وهذا هو أحد التفسيرات للطريقة التى يتغير بها شكل القشرة الأرضية ، وكيف ترتفع المنخفضات وتهبط المرتفعات .

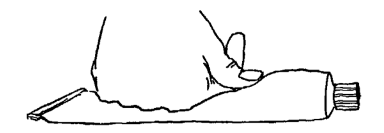
إجابة أنبوبة معجون الأسنان :

إنك تستطيع أن تجد تفسيراً ثانياً فى أنبوبة معجون الأسنان .

وإذا كان لديك أنبوبة نصف فارغة من هذه الأنابيب فى بيتك ، فحاول هذه التجربة البسيطة .

تجربة : العمل : ضع الأنبوبة على سطح مستو واضغط عليها حتى يصبح المعجون فى الأنبوبة كلها فى مستو واحد . ثم اضغط على النصف الخلفى من الأنبوبة بقبضة يدك كما ترى فى الصورة .

ستجد أن نصف الأنبوبة الأمامى يمتلىء وينتفخ لأن المعجون القادم من النصف الخلفى قد دفعه إلى الأمام .



ماذا توضح هذه التجربة ؟ إنك تستطيع أن تدرك من هذه التجربة أنك عندما تضغط فى مكان ، تسبب عن ذلك سريان ما تحت هذا المكان المضغوط من مواد إلى مكان آخر أقل ضغطاً .

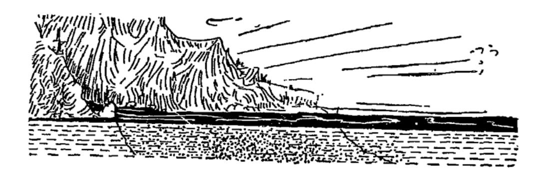
وفى هذه التجربة كانت المادة المضغوطة — وهى معجون الأسنان —

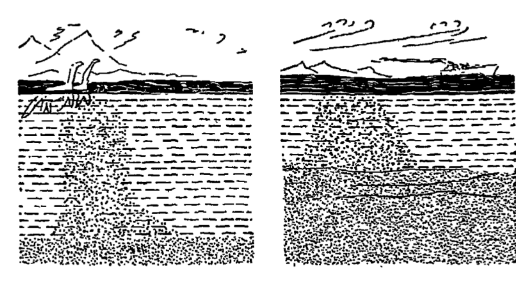


لينة يسهل دفعها إلى الأمام . أما إذا كانت الأنبوبة مملوءة إلى نصفها بالشمع ، كان عليك أن تزيد الضغط ولمدة أطول ، ولكن الشمع مع ذلك يتحرك بنفس الطريقة التى تحرك بها معجون الأسنان ، ولو أن هذه الحركة تتم ببطء شديد .

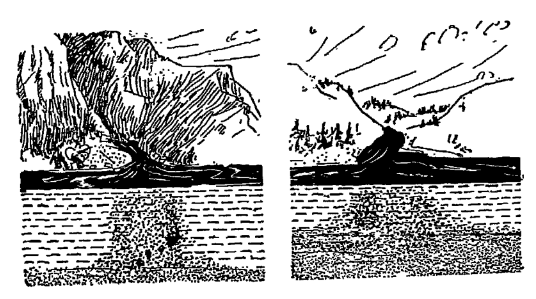
وإليك شيئاً يصعب تصديقه ، ولكن العلماء استطاعوا بما أجروه من تجارب واقعية أن يثبتوا صحته . فلو أن أنبوبة معجون الأسنان هذه كانت قد ملئت بالحديد الصلب أو الصخر الصلد ، لما تغيرت النتائج التى نصل إليها . ذلك لأن الأنبوبة فى تلك الحالة كانت ستحتاج إلى مزيد من الضغط ، وإلى كثير من الوقت ، ولا عبرة بنوع المادة التى تحتويها هذه الأنبوبة أو درجة صلابتها وخشونتها ، إذ أن النتيجة هى انسياب هذه المادة وهربها من المناطق شديدة الضغط إلى مناطق أخرى يقل فيها هذا الضغط .

كيف إذن تساعدنا إجابة أنبوبة معجون الأسنان فى شرح الحركة الظاهرية للقشرة الأرضية ؟ إنك تعلم تماماً أن الأنهار تنحت اليابس ، وتفتت بصفة دائمة مستمرة كثيراً من المواد التى يتركب منها هذا اليابس ، ثم تحملها معها وتتجه بها صوب المحيط أو البحر . فى كل عام تقتطع





كما يعلو قاع المحيط أيضاً ببطء كلما تآكلت الجزر

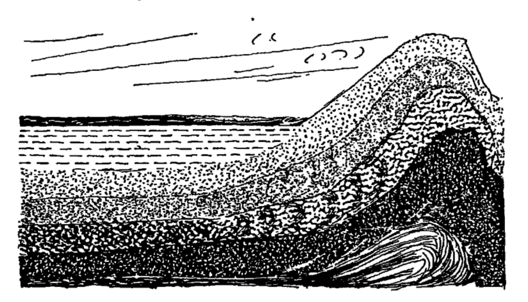


وكلما تآكلت الأرض (التربة) أخذ قاع المحيط يعلو علواً بطيئاً

من اليابس بلايين الأطنان من الصخور والرواسب ، وتضاف إلى قاع المحيط . ولما كانت هذه العملية مستمرة منذ ملايين السنين ، فإن اليابس قد أصبح أخف وزناً ، بينما أصبح قاع المحيط أثقل وزناً .

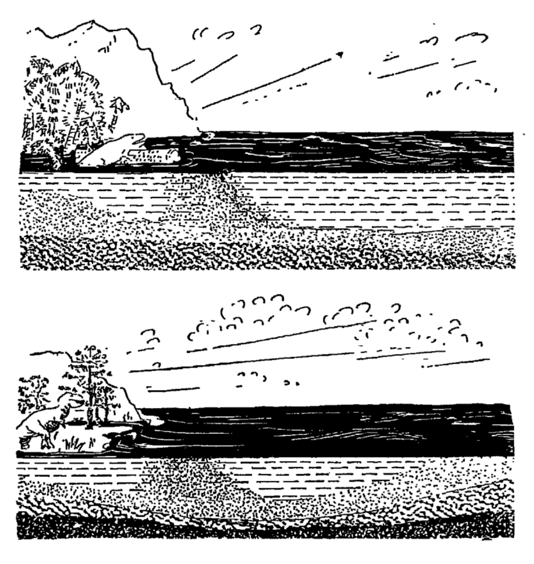
وعندما يزداد ثقل قاع المحيط ، ويخف وزن اليابس ، يزداد الضغط على طبقات الصخور الواقعة تحت المحيط ، عن الضغط الواقع على طبقات الصخور الموجودة تحت اليابس . لعلك تذكر أيها القارئ أن الضغط الذى يقع على أية مادة يسبب انسيابها مهما كانت درجة صلابتها .

فالمادة تنساب دائماً من المناطق ذات الضغط العالى إلى المناطق الأقل ضغطاً ، تماماً كما حدث فى تجربة أنبوبة معجون الأسنان .



وهكذا تتكون لدينا طبقات من الصخر على عمق كبير تحت المحيط ، يقع عليها ضغط يزداد قوة وعنفاً ، كلما تراكمت فوق قاع المحيط تلك المواد التى تقتطع من اليابس بصفة دائمة .

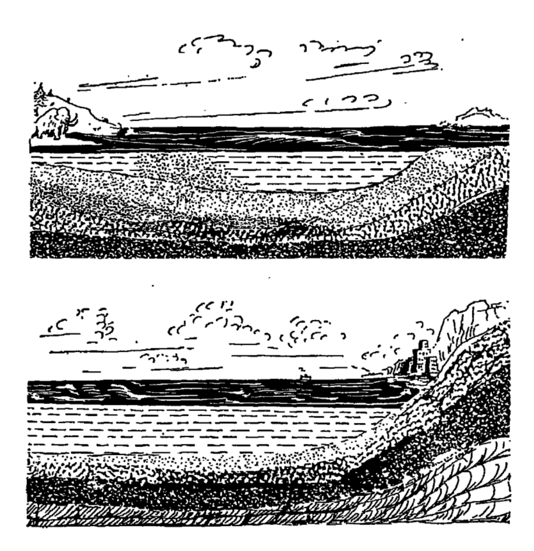
وتحت هذا الضغط الهائل ، يعتقد العلماء أن طبقات الصخر تحت سطح الماء ، قد حاولت التخلص تدريجياً من هذا العبء الواقع عليها ، وذلك بأن تجد لنفسها مخرجاً إلى مكان يخف فيه الضغط . وتستطيع أن تدرك كيف تكون هذه العملية سبباً فى تعميق بعض الأماكن ، وارتفاع أماكن أخرى .



وتزيد الرواسب من ثقل قاع البحر

وبهذه الطريقة نرى أن اليابس الذى فتتته مياه الأنهار ثم دفعته أمامها وقذفت به فى قاع المحيط قد بدأ يرتفع مرة أخرى . ذلك أن الرواسب تزيد من ثقل قاع المحيط ، وينتج عن هذا الضغط المتزايد محاولة هذه المواد أن تجد لها مخرجاً إلى مكان آخر .

وهكذا ترى أن المقتطع من اليابس يقابله ارتفاع آخر ، ولكن فى بطء



وكلما زاد ثقل قاع البحر أخذ فى العلو والارتفاع حتّى يظهر جزء من اليابس فوق سطح الماء

شديد سنة بعد أخرى ، وبكمية لا تزيد عن بوصة واحدة فى كل عام .

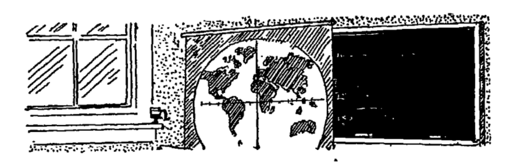
ولا شك أن حركة الارتفاع والانخفاض تستغرق زمناً طويلا . فالجبال والمرتفعات تتآكل تدريجياً فى ملايين السنين ، فيخف وزنها . وفى الوقت نفسه يأخذ قاع البحر فى العلو والارتفاع فى بطء شديد ، ويزداد ثقله نتيجة لتراكم المواد الرسوبية والصخور ذات الضغط الهائل .

وترتفع الأراضى المنخفضة ببطء خلال أجيال لا حصر لها ، وتصبح جبالا ومرتفعات .

وفى بعض الأحيان يتعاون التفسيران ، تفسير التفاحة المطهوة فى الفرن ، جنباً إلى جنب مع تفسير أنبوبة معجون الأسنان .

إن قشرة الأرض تهبط أو تأخذ شكل كهوف نتيجة لانكماشات تحدث فى باطن الأرض . والأرض تهبط تحت مستوى البحر فتغمرها مياه البحر ، وتحيل اليابس إلى بحر ضحل ، ثم تستقر على قاع هذا البحر الجديد كل الرواسب بما فيها من أصداف وهياكل وأعشاب بحرية ، وما قد يكون فيها من أسماك غريبة .

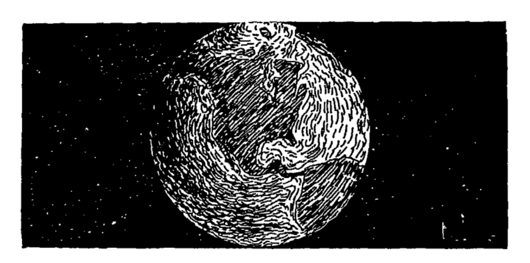
وتنصرف المياه عن هذا البحر ، عندما يرتفع قاعه الضحل نتيجة لضغط المواد فى مكان آخر يقع عليه ضغط أكبر . ويستمر هذا الجزء من اليابس فى الارتفاع ، وبذلك يتكون جبل ذو طبقات من الصخور الرسوبية . وهكذا تستطيع أنت وعلماء طبقات الأرض بعد ذلك أن تعثروا فوق قمم الجبال العالية على هياكل بحرية لا تعيش إلا فى أعماق البحار .



باطن الأرض

إذا نظرت إلى خريطة الأرض وجدتها شيئاً هادئاً ساكناً ، فيها مساحات شاسعة من مياه البحر الزرقاء ، ومساحات من اليابس ذات ألوان زاهية جميلة .

أما القارات والجزائر فإنها تبدو لك أجزاء مجعدة من الأرض طافية فى المحيط . وتشبه سلاسل الجبال أسواراً مبنية فوق الأرض المستوية ، ولكن حقيقة الأرض ليست كما تبدو فى الخريطة .



إن الأرض فى حقيقتها وحدة لا تتجزأ ، فهى كرة هائلة صلبة ثقيلة الوزن . فأما الجزائر والقارات والجبال ، فإنها لا تعدو أن تكون نتوءات

برزت قليلا عما حولها من أجزاء هذه الكرة الواحدة الضخمة . وأما البحار والبحيرات والمحيطات فما هى إلا بقاع منخفضة غمرتها المياه . ولا توجد حدود تحت اليابس والبحر ، كما لا تستطيع أن تجد بينهما خطوطاً فاصلة . فباطن الأرض عالم واحد متصل .

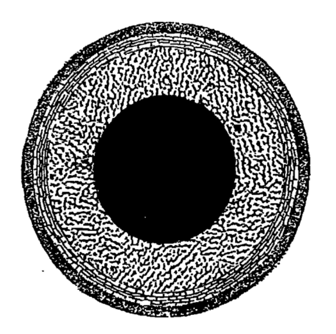


تتصل أوربا وافريقيا وآسيا وأستراليا كل منها بالأخرى تحت قاع المحيط ، كما تتصل بالولايات المتحدة كذلك . فأنت ترى أن المحيطات التى تفصل هذه القارات بعضها عن بعض إن هى إلا بحيرات شاسعة

فماذا يشبه باطن الأرض ؟

لم يحدث أبداً أن اخترق شخص باطن الأرض ، وعبر هذه الكتلة الصلبة السميكة من اليابس من أحد جوانبها إلى الجانب الآخر . ولكن علماء طبقات الأرض ، قاموا باستكشافات عديدة لا حصر لها . فقد هبطوا إلى أغوار المناجم البعيدة ، كما وصلوا إلى قاع المحيط وجاسوا خلاله مزودين بآلات التصوير وغيرها من الآلات الضرورية ، كأنهم سرطان البحر . وكذلك درسوا البراكين وكشفوا على سطح الأرض كما يكشف على صدرك الطبيب ، ومن ثم خرجوا بنتيجتين على جانب

كبير من الأهمية . فهناك تحت المدن والحقول ، وتحت الأنهار والمحيطات ، وفى خلال طبقات يصل قطرها إلى ٨,٠٠٠ ميل ، تتكون الأرض من معادن ومن صخر صلد . وهذه هى النتيجة الأولى .



يعتقد العلماء أن جوف الأرض مكون من صخور ومعادن منصهرة شديدة الحرارة .
ويغلف الأرض قشرة صخرية باردة

أما النتيجة الثانية ، فهى أن جوف الأرض حار لدرجة أنه يصهر الصخور وغيرها من المواد المعدنية .

وهاتان النتيجتان — وهما المواد الثقيلة التى تتكون منها الأرض ، والحرارة الهائلة التى توجد فى جوفها على بعد كبير — تحدثان تغيرات كثيرة على سطح الأرض . وبعض هذه التغيرات بطىء جداً ، وبعضها عنيف مثير يحدث فجأة دون مقدمات . وقصة هذه التغيرات مسطورة على الصخور فى كل مكان .

عجينة باطن الأرض (الماجما) :

على بعد كبير من سطح الأرض تصهر الحرارة الهائلة الصخور والمعادن . وتسمى هذه الصخور الذائبة المنصهرة (الماجما) .

وقد لعبت هذه (العجينة الملتهبة) دوراً هاماً فى قصة الأرض وما اعتراها من تغيرات لا تنتهى .

وكما غيرت المياه والرياح والبرودة من شكل الأرض من الخارج ، فإن هذه العجينة الملتهبة قد غيرت من شكل القشرة الأرضية من الداخل . فهى التى دفعت الجبال من أسفل إلى أعلى ، وكونت الجزر . وهى التى أحدثت فى الأرض شقوقاً وفجوات كبيرة ، وهى التى صبت الذهب والفضة وغيرهما من المعادن الثمينة فى بعض هذه الشقوق ، كما رصعت بعض الفجوات بالماس . وباطن الأرض دائب العمل على تغيير خارجها ، وحتى فى هذه اللحظة تغير العجينة الملتهبة هذا العالم .

عمل عجينة الماجما :

إن هذه الكتلة الضخمة من العجينة الملتهبة (الماجما) لا تبقى ساكنة هادئة ، بل تتحرك حركة بطيئة غاية البطء ، وذلك بتأثير ثقل الأرض



وضغطها من فوقها . وكلما لاحت الفرصة بوجود موضع ضعيف لين أو شق فى القشرة الأرضية ، انبعثت منههذه المادة الصخريةالمنصهرة وتفجرت.

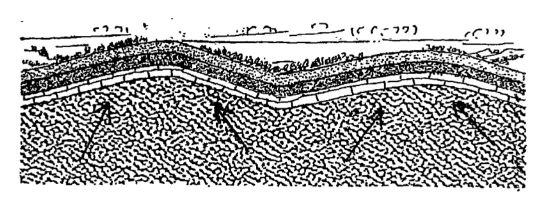
وعندما تتحرك هذه العجينة تتبعها تغيرات كبيرة ، ففى المكان الذى تتحرك فيه ترفع القشرة الأرضية التى فوقها . وهنا تتحرك طبقات الصخر كما تتحرك التربة التى تغطى سطح الأرض تبعاً لحركة عجينة (الماجما) .

الجبال الالتوائية :

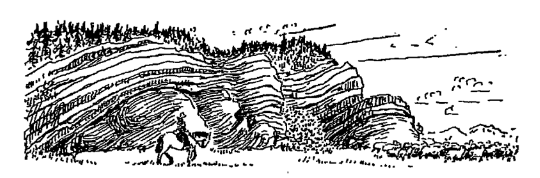
لا يحدث عادة أن تتشقق القشرة الأرضية عندما تتحرك . فهذه الحركة غالباً ما تكون بطيئة غاية البطء . وينتج عن ذلك إتاحة الفرصة لطبقات صخور القشرة الأرضية أن تتحرك هى الأخرى بدورها حركة بطيئة شيئاً فشيئاً حتى تصل إلى وضعها الجديد . فعندما تضغط (الماجما) على الطبقات الخارجية تنثنى هذه الطبقات مكونة انحناءات طويلة على شكل أمواج . وقد تكون هذه الانحناءات يسيرة هينة . وفى هذه الحالة ينكشف سطح الأرض عن تلال منخفضة ، وأودية واسعة مستديرة . وقد تكون الإنحناءات أكبر من هذا ، ومن ثم تنثنى القشرة الأرضية مكونة جبالا عالية مستديرة وأودية ضيقة .

ولو كنت تعيش بالقرب من بعض الجبال أو التلال ، لاستطعت أن تتبين ما إذا كانت هذه الجبال وتلك التلال قد تكونت نتيجة لإنحناءات فى القشرة الأرضية .

وما عليك إلا أن تجد مكاناً شق فيه طريق حديدى أو ممر بين الجبال والهضاب ، ثم ألق نظرة على طبقات الصخر العارية ، فإذا ما وجدت طبقات الصخور الرسوبية ملتوية بنفس الطريقة التى يلتوى بها



الجبل ، كان ذلك برهاناً على أنك تنظر إلى جزء من القشرة الأرضية حدث فيه التواء ، فتغير من الشكل المستوى إلى شكل المنحنى . ويسمى هذا (جبلا التوائياً) .

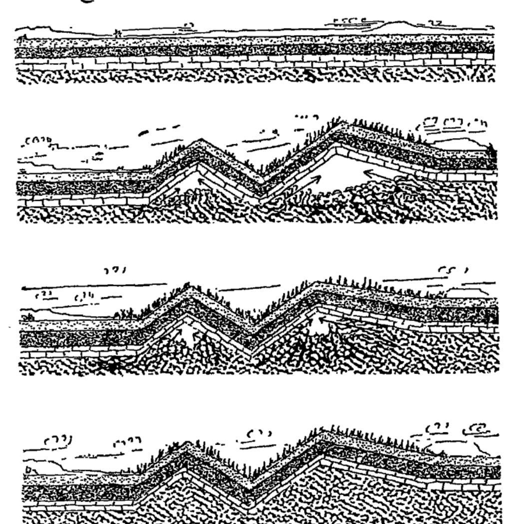


وعندما تنثنى الصخور وتأخذ شكل جبال التوائية ، يحدث غالباً أن يترك فى داخلها فراغ ، وهذا الفراغ يمتلىء بالماجما التى تنساب إليه صاعدة من أغوار بطن الأرض .

وعندما تبرد هذه الماجما تتحول إلى صخور ، وبذلك يصبح الجبل مكوناً من نوعين من الصخور ، أحدهما خارجى وهو تلك الصخور الرسوبية التى تشتمل على صخور رسوبية أو طباقية . وأما النوع الثانى — وهو النوع الداخلى — فهو يتكون من الماجما الباردة . وتسمى صخور الماجما هذه (صخوراً نارية) . ومن السهل أن تميز بين الصخور النارية والصخور

الرسوبة ، ذلك لأن الصخور النارية لا تتكون من طبقات .

وقد تكونت معظم جبال روكى وجبال الأبلاش[1] بطريقة التكوين الالتوائية . وقد حدث أولا أن دفعت طبقات الصخور الرسوبية المستوية إلى أعلى ، ومن ثم أخذت (الماجما) تنساب فيها وتملأ الفراغ الذى نشأ



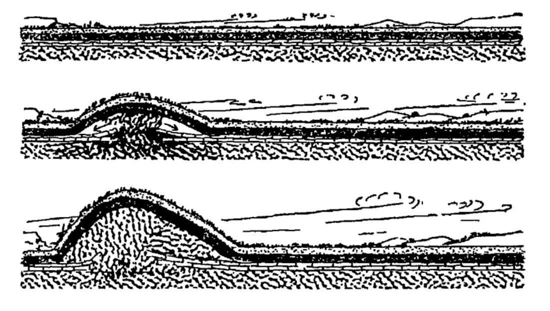
يحدث أحياناً أن تتقلص القشرة الأرضية المستوية فتلتوى وتعلو وهنا يتكون جبل جديد

(١) فى أمريكا .

عن التواء الطبقات الرسوبية . ثم حدث أن بردت هذه الماجما وتحولت إلى صخور نارية جامدة . وبهذه الطريقة دفعت الماجما بحركتها البطيئة القوية سطح الأرض ، وكونت بعض الجبال .

التلال النارية :

يحدث أحياناً أن تنبثق الماجما بقوة أكبر ، أو قد تكون الطبقات السفلى من التربة والصخور ضعيفة . وفى مثل هذه الأماكن تندفع الماجما فى طريقها فتخترق بعض الطبقات السفلى ، فإذا ما تبقى لديها مزيد من القوة أمكنها أن تشكل ما يتبقى من الطبقات التى فوقها ، وتحولها إلى



وقد تندفع الماجما الحارة من الأعماق فتعلو وتكون بعض الجبال

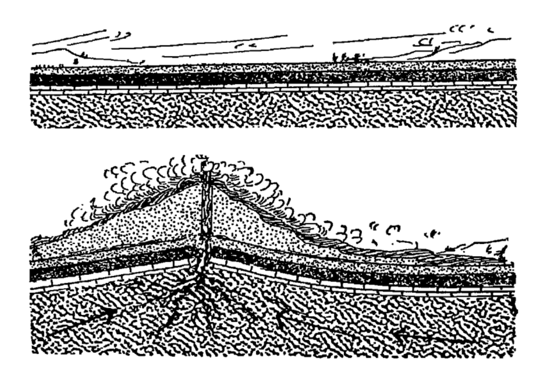
تلال مستديرة على شكل قباب . وهناك تلال كثيرة من هذا النوع تسمى التلال النارية . ويبلغ ارتفاع كل منها ميلا تقريباً ،وقطرها خمسة أميال .

فإذا استطعت أن تعثر على واحد من هذه التلال شق فيه طريق ،

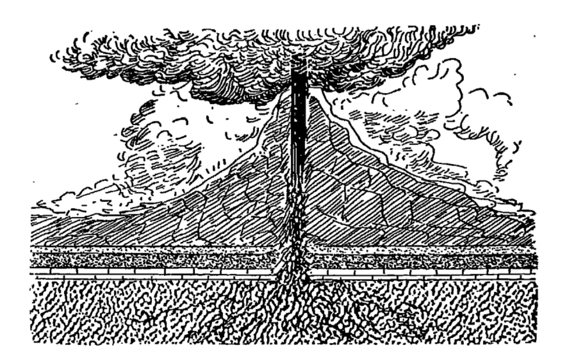
أمكنك أن تعثر على الصخر الذى كان فى يوم من الأيام منصهراً ، وقد كساه رداء من الصخور الرسوبية الطباقية . وهنا ترى أن الماجما البطيئة الحركة قد كورت سطح الأرض وحولته إلى تلال .

البراكين :

ماذا يحدث عندما تصل الماجما بتأثير ضغط عال مرتفع إلى مكان من القشرة الأرضية مشقوق أو ضعيف ؟ إنك تستطيع أن تخرج بالنتيجة بنفسك إذا رجعت إلى تجربة التفاحة المطهوة فى الفرن . فالماجما تنبثق من بطن الأرض فى فيض منصهر يسمى (اللافا) . وحينما تخرج اللافا من باطن الأرض يتكون بركان . والبراكين إن هى إلا فتحات



وهذا ما يحدث حين تصادف الماجما الحارة – أثناء اندفاعها – بقعة ضعيفة فى القشرة الأرضية



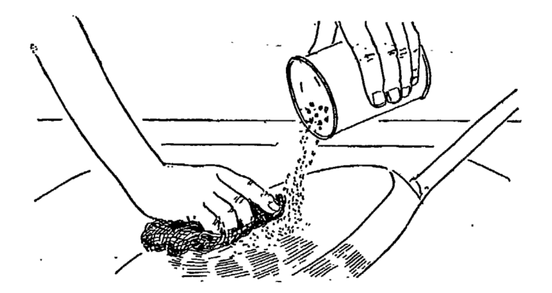
تخرج منها الماجما آتية من طبقات الأرض الداخلية متجهة إلى سطحها . وتختلف البراكين حجماً وشكلا وتكويناً وضغطاً . ومع هذا فإن كل بركان يغير من شكل سطح الأرض بطريقته الخاصة .

فتحدث البراكين الكبيرة تغيرات هائلة فى سطح الأرض ، ومنظرها مثير ممتع ، وعلى الأخص فى الليل . فتنبعث من الجمر المتوهج ألسنة من اللهيب والضوء تتصاعد فى كبد السماء . كما تتألق سحب الدخان والبخار فى ضوء اللافا البرتقالى الأصفر الوهاج وهى تنبثق خارجة من فم البركان . وعندما تنساب اللافا النارية على جوانب البركان ، تبدو كنهر من لهيب متعدد الألوان .

وتفيض اللافا المرعبة فترة من الزمن ومن ثم تبطؤ حركتها ، وعندما تبرد ، تكون صخراً نارياً جامداً وتتراكم تدريجياً تلك الصخور وذلك الرماد ، فيتكون منها جبل مخروطى فى وسطه أنبوبة مجوفة ينبعث منها الدخان

والبخار والغازات ، وقد اختلطت بكثير من المواد المعدنية المنصهرة . وكلما خرج من وسط البركان كميات أكثر من تلك المواد المنصهرة ، انتشرت اللاڤا وغمرت حقولا ومدناً على بعد أميال حول البركان . ولما كان من المحتمل أن يظل البركان ثائراً سنوات عديدة ، كان من الطبيعى أن توجد أماكن يبلغ سمك ما بها من طبقات اللاڤا الصلبة الجامدة عشرة آلاف قدم أو تزيد .

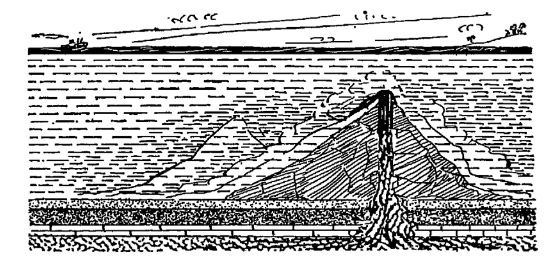
تصور إذن تلك التغيرات التى حدثت عندما تراكمت طبقات كثيفة من (الماجما) الأرضية فوق سطح الأرض ، وقد ثقلت موازينها بما تحتويه من معادن ومواد معدنية ! فإذا كانت اللاڤا تعلوها طبقة من الزبد وتنبعث منها فقاقيع تمتلىء بالهواء والغازات ، كانت الصخور البركانية الناتجة منها بعد برودتها هشة مسامية خفيفة الوزن . و يسمى هذا النوع من الصخور (الخفَّاف) وهو يصحن فيصير مسحوقاً يستخدم فى تنظيف الأوانى . وعندما يقع فى يدك هذه المسحوق فاعلم أن بيدك جزءاً من الزبد الذى خرج فى فقاقيع من أعمق أغوار الأرض خلال بركان ثائر هائج .



وهناك ما يقرب من أربعمائة بركان ثائر فى العالم ، كما ينفجر بركان جديد بين آونة وأخرى . ولكن هذا يحدث عادة فى الأماكن التى توجد فيها فعلا براكين . وقد حدث هذا منذ أمد قريب (فى سنة ١٩٤٣) إذ ثار بركان جديد فى المكسيك ، عندما لاحظ أحد المزارعين أن هناك دخاناً وبخاراً يتصاعدان من الأرض فى حقل قمح خاص به . ولم تلبث اللاڤا أن انبثقت من هذا البركان ، وبعد أيام قلائل تكون جبل من اللاڤا يبلغ ارتفاعه بضع مئات من الأقدام . وبعد أن انقضت سبع سنوات على هذا البركان الصغير ــ الذى يسمى باريكوتين ــ بلغ ارتفاعه ميلا ، ولا يزال هذا البركان آخذاً فى النمو والارتفاع ، وإن كان قد بدأ يخمد تدريجياً . وقد غيرت الماجما شكل الأرض ، إذ أنها بنت جبلا عالياً فوق الحقول المستوية .

البراكين التى تخرج من المحيط :

يحدث أحياناً أن تنبثق البراكين من قاع المحيط . وهنا تشق الماجما



طريقها خلال طبقات الصخور الرسوبية التى ترتكز على قاع المحيط ، ثم تبدأ فى الانبثاق فتكون بركاناً يأخذ فى النمو التدريجى تحت سطح الماء . وهناك جبال كاملة فى أعماق البحار تكونت بهذه الطريقة نفسها . ويحدث أحياناً أن ينمو البركان حتى تعلو قمته فوق سطح المحيط . وقد تكونت الجزر البركانية بهذه الطريقة ، أى من الماجما التى فاضت من بركان فى قاع المحيط ، ثم جمدت وتحولت إلى صخور نارية .

وقد تكونت جزائر هاواى[١] بهذه الطريقة . واتسعت هذه الجزر فى وقتنا الحاضر فأنشئت فيها المدن والقرى التى يسكنها عدد كبير من الناس ، هذا على الرغم من أن بركان « ماونا لوا » لا يزال يثور بين آونة وأخرى . وقد أصبح هذا البركان أقل نشاطاً فخمد قليلا ، ولا يستبعد أن يخمد نهائياً بعد زمن قليل؛ ذلك حين ينعدم ذلك الضغط الذى يدفع الماجما فى هذه المنطقة . وحينئذ سيصبح « ماونا لوا » جبلا هادئاً شامخاً تغطيه الثلوج ، أسوة بغيره من البراكين القديمة الهامدة .

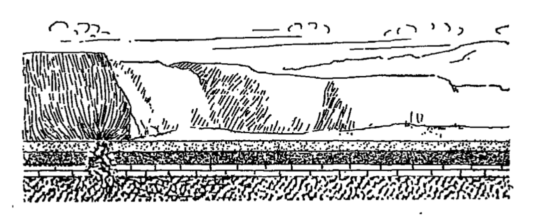


(١) فى المحيط الهادى .

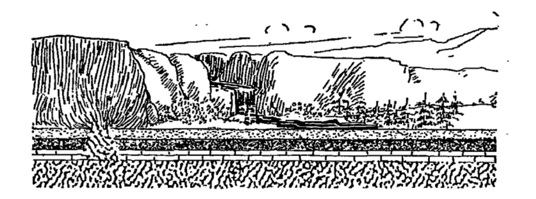
براكين أخرى :

قد لا يكون شكل البركان أحياناً لافتاً للنظر ، مثلما تلفت النظر تلك الجبال المخروطية أو جزر المحيط البركانية . فيحدث أحياناً أن تنصب اللاڤا وتنبثق من شق طويل فى القشرة الأرضية ، بدلا من أن تتصاعد من فتحة واحدة . وعندئذ تنتشر وتغمر مساحة كبيرة ، ويقول علماء طبقات الأرض إن هذا النوع من البراكين كان شائعاً منذ ملايين السنين . فعلى طول السواحل الغربية فى الولايات المتحدة ، أى فى ولايتى أوريجون وواشنطن يبلغ سمك طبقات اللاڤا القديمة ميلا على التقريب . وتبين لنا حوائط الوادى العميق — فى الأماكن التى شقت فيها الأنهار طريقها وسط هذه الطبقات — أن هذا الجزء من الأرض مكون من الماجما التى انبعثت من باطن الأرض وطفت على سطح قشرتها .

وقد تكونت تلك السياج الشهيرة على طول نهر هدسن[1] ، حينما انبثقت

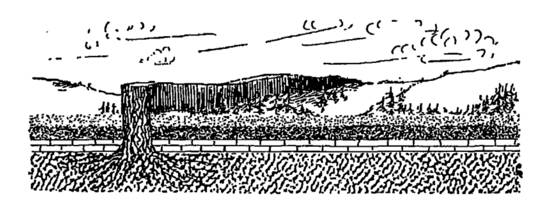


(١) فى أمريكا الشمالية .



اللافا من شق في القشرة الأرضية فبدت على شكل حاجز أوحائط مرتفع.

ويخيل إليك أن البراكين دائماً هدامة مدمرة بكل ما يصاحبها من



غليان ملهب وأصوات مزعجة ، ولكن الماجما حينما تنبثق من جوف الأرض تهب لنا أشياء كثيرة . وكثير مما على الأرض من خيرات وطيبات إنما هو من عمل البراكين .

اندماج اللافا بالتربة :

لقد كانت الحقول الغنية الخصبة فى يوم من الأيام طبقات من اللافا الحارة الساخنة . فكأن البراكين قد ساعدت على تكوين هذه التربة

الجيدة . ذلك لأن الماجما – وهى تنساب من بطن الأرض – قد جلبت معها عدداً كبيراً من المواد المعدنية ، وصاحبها كثير من الغازات والسوائل الثمينة . وهذه جميعاً قد بردت وتحولت إلى صخور نارية . وهنا بدأت الرياح والأمطار عملها فتعاونت مع حرارة الصخر والطحالب وغيرها من الحشائش الخضراء فى عملية تحات الصخور . وبهذه الطريقة أصبحت جزئيات اللافا الخصيبة بالتدريج جزءاً من التربة ، أى أنها فى هذه الحالة تصبح طعاماً للنبات يمتصه وقتما يشاء . فإذا ما أصبحت نباتاً أمكن أن يستغلها الإنسان والحيوان والطيور . وطعم البطاطس الجيد المذاق فى ولاية إيداهو بالولايات المتحدة الأمريكية مثلا هو طعم المعادن نفسها التى انبثقت من البراكين منذ ملايين السنين .

ويمكن القول بأن معظم أجزاء اليابس فى هذا العالم قد رفعتها عجينة الماجما من جوف البحار والمحيطات . ثم تكدست بعضها فوق بعض فتكونت الجزائر والحقول والجبال بوساطة الماجما التى أخذت تنساب من البراكين .

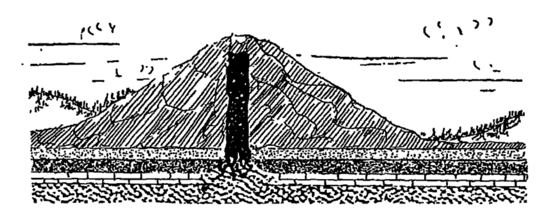
الأحجار الكريمة :

قد أنتجت بعض البراكين مجوهرات ثمينة ، حين برد ذلك المركز الحار الملتهب ، المكون من رماد وتراب فتحول إلى ما يشبه صندوق الكنز . وقد حدث أحياناً أن تكون الألماس فى تلك الماجما النارية كما يتكون السناج على جدران المدفأة . وقد بدأ هذا الماس يتكون فى طبقات الأرض البعيدة الغور ، أى فى تلك الصخور والمعادن المنصهرة التى ارتفعت من جوف البركان فى شكل بخار أو رماد . فلما بردت ، جمدت هذه المواد



تزيد الماجما التى تنبثق من جوف الأرض ، نكهة الطعام (الغذاء) الذى تأكله

فأصبحت عموداً يمتلىء بالحجارة الكريمة . ثم حدث بعد ذلك أن أودت حركات أخرى من حركة الماجما بهذا اللب البركانى فخسفت به إلى باطن الأرض وهبطت إلى جوفها . فبقى هناك أجيالا ، إلى أن استخرجت هذه الأحجار من مرقدها فى شكل مسحوق معدنى أزرق أو أصفر . وبعد أن تقطع هذه الأحجار ثم تصقل ، تراها تبرق كأنها نار حبستها الثلوج . وقد أخذت كل منها تعكس لك بريقها الخاص بها سواء أكان أزرق أم أخضر أم أصفر أم برتقالياً أم أبيض مشرباً بزرقة .



المعادن الثمينة :

وفى أثناء عملية التبريد ، تركت الماجما رواسب من الذهب والفضة وغيرها من المعادن فى شقوق الصخور . وهذه المعادن التى انبثقت وهى تغلى من باطن الأرض ، قد بردت ثم جمدت فوق طبقات الصخور . وهنا ، تترسب كأنها شرايين فى قلب المناجم فنستطيع نحن أن نصل إلى تلك الكنوز التى قذفت بها البراكين من بطن الأرض .

الأنواع المختلفة للصخور النارية :

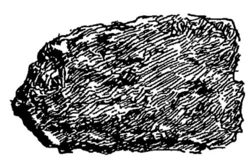
لا تتحول كل الماجما الباردة إلى ألماس أو غيره من المعادن الثمينة أو الأحجار الكريمة . ولكنها – كلها – تبرد وتجمد . وتسمى كل ماجما باردة صخراً نارياً ، لأن كلمة نارى معناها صخر كونته النار . أما نوع الصخر الذى يتكون فإنه يتوقف على نوع الماجما الذى يكونّه . وأما شكله وصفاته الظاهرة فيتوقف على مادة ما « طبخ » فيه ، كما يتوقف على الزمن الذى استغرقه ليبرد .

فلو أنك صنعت « جيلاتى » أو ما شابهها من المثلجات ، لأدركت

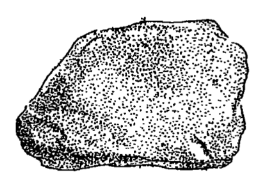
أنها تزداد نعومة عندما تبرد سريعاً ، ذلك لأن الحبات (الحبيبات) الخشنة وبلورات السكر لا يكون لديها من الوقت ما يسمح لها أن تتكون وتتشكل فى المخلوط الذى يبرد بسرعة . أما إذا برد المخلوط ببطء ، فإن هذه الحبيبات تنفصل ويكون لديها وقت تتشكل فيه فتكون جزئيات أكبر .

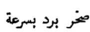
ويصدق هذا الكلام على الصخر النارى . فإنك عندما تشاهد صخراً حباته ناعمة ملساء ، تستطيع أن تحكم أنه قد برد بسرعة ، أما الصخر النارى ذو الحبات الخشنة نوعاً فقد برد فى زمن أطول وأكثر بطئاً .

وتختلف ألوان الصخور النارية من صخر إلى صخر ، كل بحسب الجزئيات التى طبخت فيه. فأحياناً يكون أحمر أو أزرق أو بنى اللون أو أصفر . وقد تنتشر على سطحه بقع أو نقط معتمة أو لامعة . وقد تشتمل أحياناً على جزئيات من الكوارتز الذى يشبه الزجاج أو من قطع الميكا اللامعة التى تشبه المرايا . وقد تتكون أحياناً ببقع من الذهب أو الفضة أو بحجارة كريمة كثيرة الألوان كأنها قوس قزح ، أو بحبيبات من



صخر برد ببطء





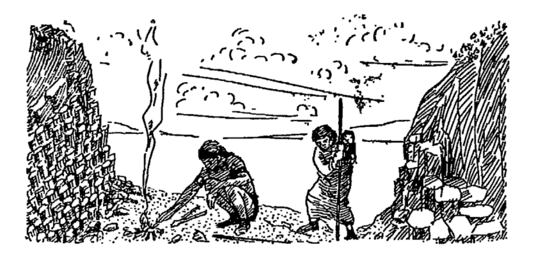
صخر برد بسرعة

الرماد الأسود . وتستخدم أبدع أنواع هذه الحجارة وأجملها لوناً فى صناعة المجوهرات .

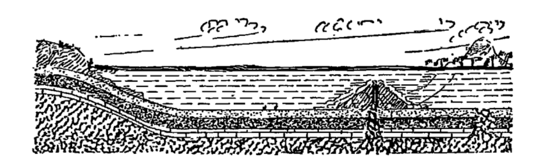
ولعل الجرانيت من أكثر أنواع هذه الحجارة انتشاراً وفائدة . ورغم أنه لا يعتبر حجراً ثميناً – كالماس مثلا – إلا أنه يعتبر فى نظر العالم كله أكثر منه فائدة . فالجرانيت صخر صلد يغالب الدهر ، إذا استخدم فى المبانى تحمل تقلبات الجو وعوامل التعرية والتحات دون أن يتفتت . وإذا استخدم فى نحت التماثيل أو النصب التذكارية فإنه يصقل جيداً ، ويصير أملس ناعماً ، جميل الشكل غالباً بدرجة واضحة ، بسبب ما يتخلله من خطوط وبقع مختلفة الألوان . وإذا بقى فى الأرض أثرت فيه التقلبات الجوية تأثيراً بطيئاً وخرجت منه معادن هامة جداً تكون سبباً فى خصوبة التربة .

وهناك نوع آخر من هذه الصخور النارية يسمى أوبسيديان أو الصخر الزجاجى الأسود . وهو ناعم أملس ، رائق كأنه زجاج داكن صاف . وغالباً ما يكون أسود اللون ،ولكنه قد يكون أحياناً أحمر أو أخضر قاتماً .وقد كان الناس فى قديم الزمان يستخدمون الأوبسيديان فى صناعة السكاكين أو رءوس الحراب الحادة القاطعة . وهناك كتل ضخمة من جبل الأوبسيديان فى المنطقة الهندية فى غرب الولايات المتحدة الأمريكية .

فالجرانيت والماس والفضة والذهب والأوبسيديان والرصاص ، وكل المعادن التى نحتاج إليها لتفيد التربة ، وكذلك الصخور والسدود



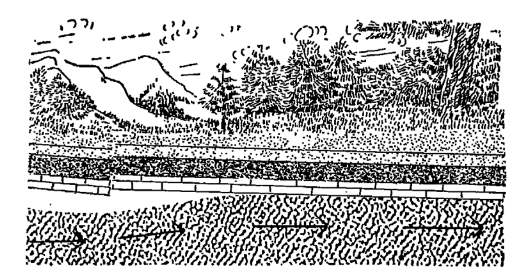
والتلال والجبال – كل هذه وغيرها من الكنوز قد قذف بها إلينا من باطن الأرض .



ظاهر الأرض وباطنها

لقد رأيت كيف تستطيع الماجما أن تشق طريقها من بطن الأرض فتعلو سطحها، وكيف أنها ترفع التلال، وكيف تنبثق من جوف البراكين، وكيف تكون الجزائر ، وكيف تتراكم بسببها الصخور ، وأخيراً كيف تغير من شكل سطح الأرض بمختلف الطرق والوسائل .

وهناك أنواع أخرى من التغيرات التى تسببها الماجما بجريانها وانسيابها . فيحدث أحياناً أن تسبب الماجما فى أثناء جريانها أن تترك الأرض التى فوقها بدون سند من تحتها ، فعندما تتحول الماجما من مكانها وتحدث به

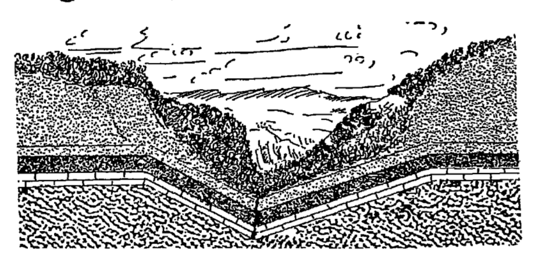


تغييراً ، يغير سطح الأرض مكانه تبعاً لذلك أيضاً . وعندما تزاح الأرض فجأة من مكانها إلى مكان جديد ، تتحطم وتهبط بصوت مرتفع ، وهذا هو ما يعبر عنه بالزلزال . والزلازل بعضها بسيط لا نكاد نشعر به ، فهو اهتزاز خفيف ، وبعضها الآخر ضخم عنيف ، يهز الجبال وينقل الصخور إلى أوضاع جديدة . وتستطيع الزلازل أن تغير مجارى الأنهار ، وأن تفرغ ماء بحيرة ، وأن تكون شلالا . أما فى المحيطات ، فإن الزلازل تستطيع أن تكون موجة ضخمة عاتية تكتسح اليابس على غرة . وتسمى هذه الموجة المد والجزر . وأما إذا حدث الزلزال تحت مدينة مثلا ، فإنه يستطيع أن يقلب مبانيها رأساً على عقب تماماً ، كما يكدس الأرض أكواماً بعضها فوق بعض .

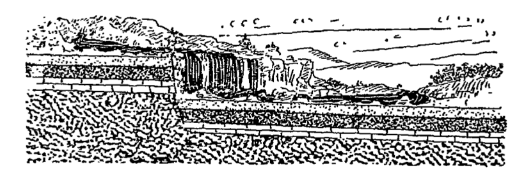
ولا تحدث هذه الحركات الفجائية الضخمة العاتية فى القشرة الأرضية إلا نادراً لحسن الحظ . كما أنها لا تحدث إلا فى مناطق قليلة محدودة فى العالم.

عيب :

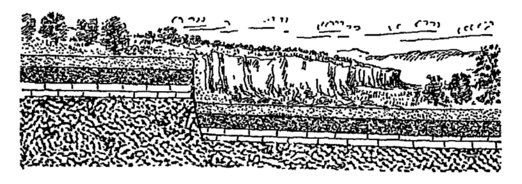
عندما تنهار القشرة الأرضية نتيجة لزلزال ، ثم تنتقل إلى وضع جديد



يتخلف عن هذه العملية شق يسمى « عيباً » فى القشرة الأرضية . وتستقر الأرض على جانبى هذا العيب ويتغير مستواها فيصبح أرضاً شديدة الانحدار . أو قد تستقر الأرض مستوية تماماً بعد أن تهبط فى هذا الشق ، وبذلك يتكون جرف شديد الانحدار . فإذا كان هناك نهر

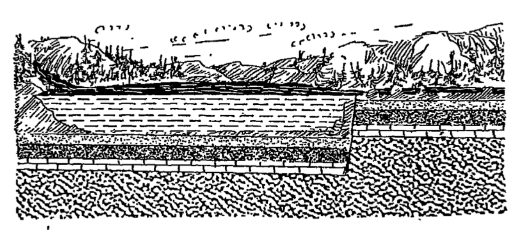


يجرى على طول هذه الأرض ، تغير مظهره بالتالى ، ذلك لأن الماء فى مثل هذه الحالة يصب من أرض مرتفعة إلى أرض منخفضة مكوناً الشلال. وقد تكونت شلالات كثيرة بهذه الطريقة ، نتيجة لتغير مكان القشرة الأرضية .

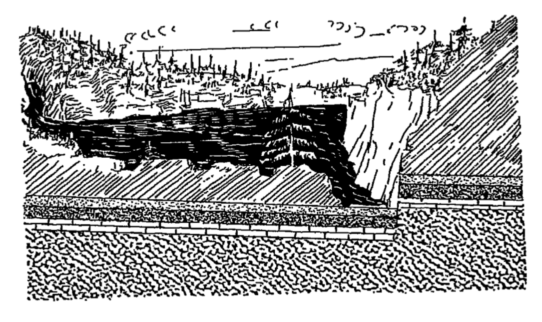


ثم افترض الآن أن حدث اهتزاز فى تلك الأرض التى تنحدر انحداراً تدريجياً بحيث هبط منها الجزء المرتفع وأصبح هو الجزء المنخفض . إن النهر لا يستطيع بطبيعة الحال أن يقفز جيداً من مكانه المنخفض ،

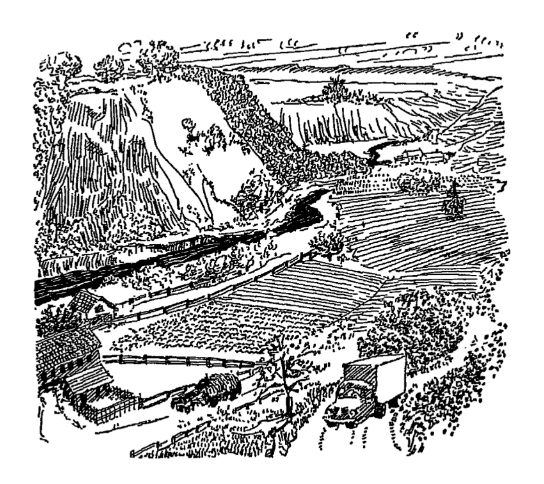
بل إنه يستمر فى جريانه فيعلو مستوى الماء فيه حتى يكون بحيرة . وهذه البحيرة تمتلىء بالتدريج ويعلو سطح الماء فيها قليلا قليلا حتى يغمر



الأرض من خلفه . فإذا علا سطح الماء فى هذه البحيرة فاض ، ثم أخذ يجرى فى هذا الطريق الجديد . أما إذا كان الجرف مرتفعاً بدرجة كبيرة ، فإن النهر فى هذه الحالة يبحث له عن طريق آخر أسفل التل ، فينشئ نهراً فى مكان لم يكن فيه نهر من قبل .



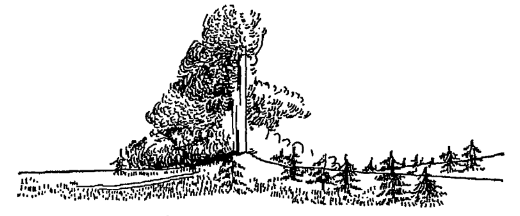
ولقد حدث كثير من هذه التغيرات الأرضية الكبيرة بسبب تلك الحركات الفجائية التى تحدثها الزلازل فى القشرة الأرضية . وتتكون الجبال (الخاطئة) عندما تسبب الحركة ميلا فجائياً وانحرافاً فى طبقات الصخور ، كما يتكون الجرف والشلالات والبحيرات كذلك عندما تغير القشرة الأرضية من وضعها ومكانها . وكل هذه الحركات للماجما لا تزال مستمرة . كذلك ترى أن الإزاحة الفجائية والضغط البطىء يتعاونان على بناء كل سلاسل الجبال فى العالم ، وعلى بناء جبال أخرى وأودية فى بقاع كثيرة من العالم .



المـاجما تقابل المياه :

يحدث أحياناً أن الماجما — أثناء اندفاعها من بطن الأرض — تقابل ماء جوفياً . وحينئذ تثبت المياه وجودها بطريقة مثيرة غريبة عندما يندفع البخار خارجاً من الأرض .

وهناك مثل لهذه الظاهرة فى بلوستون ناشونال پارك فى ولاية وايومنج (بالولايات المتحدة الأمريكية) حيث يوجد عدد كبير من متفجرات البخار التى تسمى فوارات الماء الحار . وفى ذلك المكان نجد الفوارة الشهيرة (أولد فيثفل[١]) ، التى ينبثق منها البخار الناتج من الماء الساخن وبخار جوف الأرض فيعلو فى الهواء بطريقة ثابتة منتظمة تستغرق بضع دقائق فى كل ساعة من الزمن .

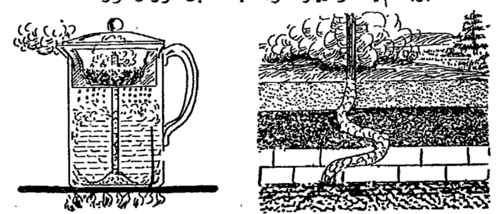


ينبثق البخار فيعلو فى الجو ، كما يحدث فى نافورات أولد فيثفل مرة كل ساعة

وإذا كان لديك فى بيتك مرشح (أو مصفاة) ، مرشح زجاجى بصفة خاصة ، أمكنك أن ترى فوارة مصغرة . ذلك لأن البخار المتصاعد من الماء المغلى يدفع الماء إلى أعلى خلال الأنبوبة الضيقة . وهنا يغلى

(١) Old Faithful .

فوق حبات البن ثم يسيل ويتقطر إلى أسفل . إنه يغلى ويتصاعد خلال الأنبوبة ثم يتقطر وينزل فوق حبات البن مراراً وتكراراً .



ويجزم الجيولوجيون أن سبب حدوث الفوارات هو تقابل الماجما مع المياه الجوفية . ذلك لأن المياه الجوفية ــ حين تصب فوق الماجما الساخنة الحارة ــ سرعان ما تغلى فتتحول إلى بخار . ويتجمع هذا البخار فى ممر الفوارة الملتوى الذى يمر خلال فتحات الصخور تحت الأرض . فإذا ما أصبح لهذا البخار ضغط يمكنه من الاندفاع إلى أعلى ، شق طريقه إلى السطح . ويبلغ ارتفاع بعض الفوارات ١٥٠ قدم فى الهواء .

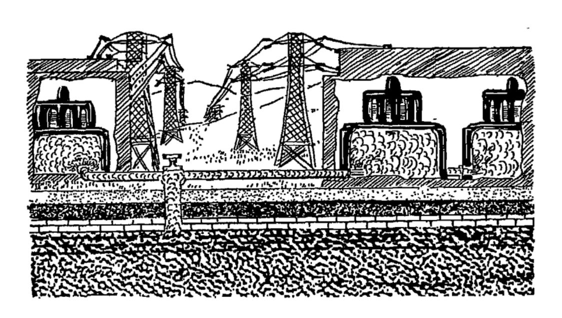
آبار البخار :

يحدث أحياناً ألا يتجمع البخار ، بل إنه ينبثق فى مجرى ثابت



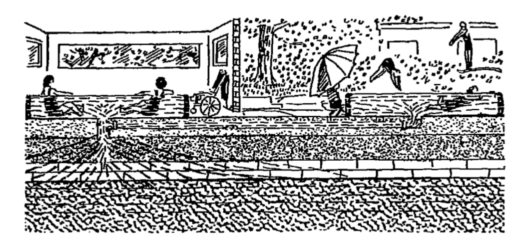
كالبخار الذى ينبعث من غلاية الشاى .

كما يحدث فى بعض الأماكن أن يخرج البخار بكميات كبيرة يمكن الاستفادة منها . ففى إيطاليا — مثلا — توجد فوارة يوزع البخار الذى يندفع منها بوساطة أنابيب على عدد كبير من محطات توليد القوى الكهربائية . وهناك يستغل هذا البخار فى إدارة آلات بخارية مهمتها تشغيل مولدات الكهربا. وهذه المولدات بدورها تمد عدداً كبيراً من المدن القريبة بالتيار الكهربائى . وفى كاليفورنيا — بالولايات المتحدة — وبالقرب من مدينة سان فرانسسكو يوجد عدد من هذه الآبار البخارية .

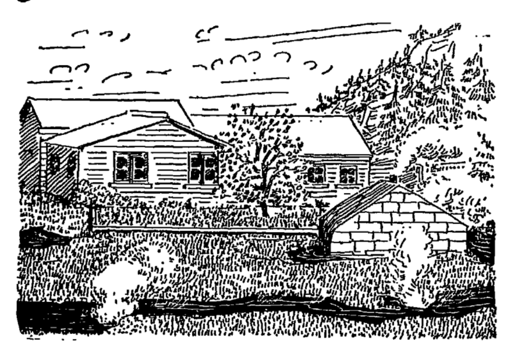


الينابيع الساخنة :

يحدث أحياناً أن تكون كمية المياه التى تصب فوق الماجما الحارة كبيرة جداً بدرجة يتعذر معها تحول المياه كلها إلى بخار . ولذا يسخن الماء ، ثم يستمر فى جريانه حتى يصل إلى حفرة فى القشرة الأرضية .



ويذيب الماء الساخن غالباً أثناء جريانه كثيراً من معادن الصخور التى يمر بها ، وعندما يصل إلى السطح يكون قد امتلأ بالمعادن المذابة . والينابيع الساخنة فى ولاية چورچيا[١] والينابيع الحارة فى أركنساس[٢] – بالولايات المتحدة الأمريكية – هما مثلان من أمثلة عديدة لمنابع



(١) Georgias (٢) Arkansas

الصحة والمتعة التى تثبت لنا فائدة تقابل الماجما بالمياه الجوفية .

وفى أيسلنده ، توجد ينابيع حارة تستخدم فى تزويد عدد كبير من المنازل والمبانى العامة بالمياه الساخنة .

الصخور المتحولة :

لا يزال هناك نوع آخر من التغيرات التى تحدث فى القشرة الأرضية نتيجة لأثر الماجما . فالماجما مادة ساخنة جداً ، تزيد حرارتها على الحرارة الداخلية فى فرن أو موقد . فعندما تشق هذه الماجما طريقها بين طبقات الصخور الرسوبية أو فوقها ، فإنها تحرق الصخور وتحدث بها تغيرات كبيرة . وتسمى هذه الصخور التى حدثت بها هذه التغيرات « صخوراً متحولة » . وكلمة « متحولة » معناها « متغيرة فى شكلها » .

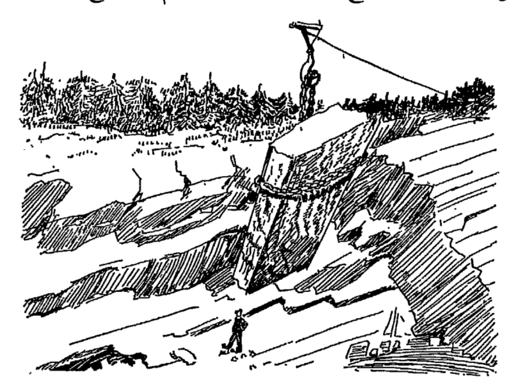
ويحدث نفس هذا النوع من التغير عندما يحرق الصلصال فيتحول إلى فخار . فالصلصال — وهو مادة رسوبية — يجمد ويتصلب ويصبح شبيهاً بالزجاج عندما يحرق فى فرن أو قمين . وكل أنواع الآنية الخزفية والفخار والصلصال والخزف والخزف الصينى تصنع بطريقة الخبز هذه . وبنفس الطريقة تخبز الماجما الحارة تلك الصخور الرسوبية التى تجرى خلالها أو فوقها . وهنا يتصلب الصخر الساخن ويجمد ويبدو كالزجاج فى مظهره .

الصخور المحترقة :

لعلك رأيت أبنية صنعت كلها أو بعضها من الرخام ، وأمثلة هذه المبانى ، المصارف المالية ومكاتب البريد والمتاحف والمدارس التى تصنع

ممراتها وطرقاتها من الرخام . والرخام هو أحد الصخور المتحولة التى بدأت أولى مراحل حياتها فى شكل هياكل عظمية لحيوانات وقواقع بحرية ضغطت فى قاع البحر أو المحيط ، فتحولت إلى صخور جيرية ، ثم ضغطت الماجما على هذه الصخور الجيرية الرسوبية وسخنتها . وبتأثير الضغط والحرارة تحول الصخر الجيرى إلى رخام مختلف الألوان أو أبيض صاف . ويتوقف اللون الذى يتكون منه الرخام على لون المواد الرسوبية التى تكونّن منها أصلا . فالأصداف البحرية السوداء أو الحمراء أو الصفراء تضفى على الرخام ألوانها المختلفة البديعة .

وبعد أن مضى على تكون الرخام زمن بعيد رفعته قوى هائلة ، هي ضغط الماجما الصاعدة ، أو ثقل المواد الرسوبية بوزنها الهائل على جزء آخر من أجزاء البحر . فقاع البحر الذى يغطيه الرخام قد أصبح جبالا من



الرخام . وبعد ذلك بملايين السنين قطع بعض هذا الرخام من المحاجر ثم صقل فتحول إلى كتل من الصخر البراق اللامع — من الصخور المتحولة التى يرجع الفضل فى تكونها إلى ضغط الماجما وحرارتها .

الماجما ، أكبر العوامل التى تغير القشرة الأرضية :

إنك تدرك الآن أن هناك حركة دائبة ومجرى مستديماً ثابتاً يخرج من باطن الأرض إلى خارجها . فالبخار والماء الساخن ينبثقان من الفوارات والينابيع الحارة .

والماجما تنساب خلال الصخور الرسوبية ، فإذا احترقت هذه الصخور الرسوبية أصبحت صخوراً متحولة . والماجما تدفع القشرة الأرضية من أسفل إلى أعلى فتكون التلال ، كما تنبثق بكميات هائلة خلال البراكين على اختلاف أنواعها . وهى التى تزيح الصخور ، وتحدث بها ميلا وانحرافاً تسبب نتوءات وقمماً فى الجبال . وهى التى تخفض المرتفعات ، وترفع المنخفضات . وكل هذه العمليات مستمرة منذ مئات الملايين من السنين ، عاملة على تغيير سطح الأرض تغييراً دائماً طوال الوقت .

الجزء الرابع

الإنسان والأرض



قصة الأرض

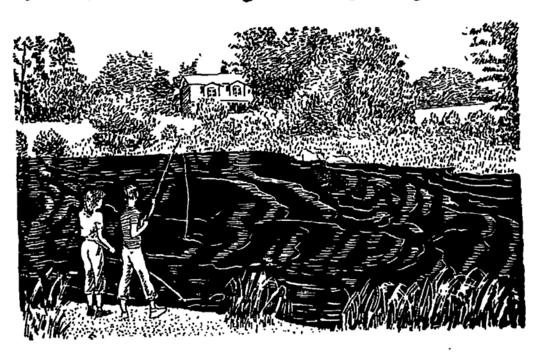
تستطيع أن تقرأ قصة الأرض فى كل مكان ، ذلك لأن كل ما عليها يحكى فصلا من هذه القصة . ولقد تعلمت الآن كيف تقرأ بعض فصول هذه القصة . فإنك عندما تلتقط حصاة أو ترقب قطرات من المطر وهى تتساقط من السماء ، أو عندما تقيم معسكراً فوق الجبال أو تسبح فى غدير ، فإنك فى كل حالة من هذه الحالات تشاهد مظهراً من مظاهر تغير القشرة الأرضية .

فأنت تدرك مثلا أن قطرة المطر هى حلقة من سلسلة لا تنتهى لدورة الماء . فقطرة الماء لا تستمر كذلك إلا لفترة قصيرة من الزمن ، فقد كانت جزءاً من سحابة ، وقطرة من بحر ، ثم انسابت فى جدول من جداول الجبال وتسربت فى أعماق الأرض . وقطرة الماء هذه تقطع هذه الرحلات إلى أماكن قصية من الأرض بصفة دائمة لا تنقطع .

أما الحصاة فإنها هى الأخرى قد رحلت رحلات طويلة . فمنذ أحيال كانت هذه الحصاة قطرة من قطرات الماجما ، أى من تلك

الصخور المنصهرة التى انبثقت من بطن الأرض وخرجت إلى سطحها . وربما كانت هذه الحصاة جزءاً من مكونات جبل من الجبال تكوّن من الماجما بعد أن بردت ، ثم حدث أن تفتت مع غيرها من جسم هذا الجبل بتأثير مياه نهر من الأنهار جرفتها معها فى طريقها . أو لعل هذه الحصاة قد قطعت آلاف الأميال مع نهر جليدى بطىء الحركة ، ثم ذاب هذا النهر فتركها حيث هى لكى تلتقطها أنت . فكأن هذه الحصاة قد رحلت إلى أماكن متعددة ، وكانت جزءاً من أشياء كثيرة .

وأنت حين تخرج للنزهة فى الريف تستطيع أن تشاهد قصة الأرض فى كل ما حولك من أشياء . فالنهر الموحل يحكى لك شيئاً عن التربة التى حملها معه من منابعة العليا . أما السطوح المستوية فى صخر فإنها تخبرك أن هذا الصخر قد تكوّن فى قاع البحر ، كما أن الطبقات الملتوية التى تشاهدها فى تل مستدير تنبئك أن التل قد دفعه ضغط الماجما ، فرفعه



من أسفل إلى أعلى . أو قد يكون التل قد تكون نتيجة لما حدث فى القشرة الأرضية من ميل أو التواء . حتى التربة التى تملأ بها يدك فيها بعض فتات من جبال وبقايا من حيوانات البحر وأوراق الأشجار التى تخلفت من عام سابق ، والمعادن التى خلفتها نباتات كانت تعيش منذ ملايين السنين .

وفى المدينة أيضاً تستطيع أن تقرأ قصة الأرض فى كل ما حولك ؛ فالأسمنت الذى تشاهده على أرصفة الشوارع ، والطوب الذى تبنى به المدخنة ، والملاط الذى تغطى به الجدران ، كل هذه تأتى من الصخور التى قطعت وصحنت بوساطة الهواء والماء وبالحرارة والبرودة . والخشب الذى تعمل منه أرض الحجرات ويصنع منه الأثاث ، قد وصل إليك من أشجار امتصت معادنها من التربة التى تكونت من الصخور . والنحاس والحديد اللذان نستخدمهما فى صناعة الأسلاك والأنابيب كانا فى يوم من الأيام ماجما انسابت إلى سطح الأرض من باطنها .

وأنت نفسك أيها القارئ الكريم جزء من قصة الأرض . فنى دمك حديد من نباتات امتصته من التربة . وأسنانك وعظامك كانت فى يوم من الأيام شُعباً مرجانية فى البحر أو من حيوانات بحرية لطيفة جميلة وصغيرة . والماء الذى تشربه كان فى يوم من الأيام فى السحاب يحلق فوق قمم الجبال فى آسيا أو كان فى مساقط المياه الجميلة فى أفريقية . والهواء الذى تستنشقه قد هب فوق أماكن على سطح الأرض لم يرها إنسان . فكل جزء من أجزاء جسمك هو قطعة من الأرض قامت برحلات بديعة عجيبة لا حصر لها ، استغرقت ملايين السنين .

إن قصة الأرض واضحة فى كل شىء وفى كل مكان .

هذا الكتاب

فى استطاعتك أن تقرأ تاريخ الملايين من السنين فى شظية من حصاة أو فى قطعة من حجارة أو فى انحناء مجرى نهر أو فى انحدار تل أو جبل . كما أنك تستطيع أن تعرف القوى الجبارة التى تعمل من زمن بعيد قبل ظهور أول كائن حى على وجه البسيطة . فإن قصة الأرض تجدها فى كل مكان وفى كل زمان . ألف هذا الكتاب ليعاونك فى تعلم قراءة قصة الأرض التى نعيش عليها . وستوضح لك التجارب المذكورة فى هذا الكتاب تأثير هذه القوى التى ترفع من الجبال ، وتكون وتغير وجه الأرض والبحار فى هذا العالم المتغير .

بعد أن تنتهى من قراءة هذا الكتاب ستنظر إلى الأرض نظرة جديدة ، كما كانت من ملايين السنين وكما هى اليوم وكما سوف تكون عليه بعد الملايين من السنين .

وقد وضع تصميم الغلاف الأستاذ عبد العزيز نجيب
بنشره دار المعارف بالاشتراك مع مؤسسة فرانكلين للطباعة

